

P. 3835
Avril/Juillet 1979
Trimestriel

fascicules 1/2

BULLETIN**D'ÉCOLOGIE**

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

(Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976)

Secrétariat : 4, avenue du Petit Château, 91800 BRUNOY.

Bureau pour l'année 1978 :

Président : J.A. RIOUX, Laboratoire de Parasitologie, rue Auguste Broussonet, 34000 Montpellier.

Vice-Président : P. PESSON, I.N.A., Laboratoire de Zoologie, Biologie animale et Ecologie, 16, rue Claude-Bernard, 75231 Paris, Cedex 05.

Deuxième Vice-Président : J.-Cl. LEFEUVRE, Laboratoire de Zoologie et d'Ecologie complexe Scientifique de Beaulieu, BP 25 A, 35000 Rennes (Ille-et-Vilaine).

Présidents Honoraires : G. LEMÉE et P. GRISON.

Secrétaire général : Claude DELAMARE DEBOUTTEVILLE, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy (Essonne).

Secrétaire générale adjointe : Germaine RICOU, Laboratoire de Zoologie agricole, 16, rue Dufay, 76100 Rouen (Seine-Maritime).

Trésorier : Christian SOUCHON, Département d'Environnement, Université de Paris VII, 3, rue des Fossés St-Jacques, 75005 Paris.

Trésorier adjoint : Mme Marie-Charlotte SAINT GRONS, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy (Essonne).

Secrétaire du Bulletin : Roger DAJOZ, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy (Essonne).

Conseil pour l'année 1978 :

AMANIEU M., Laboratoire d'hydrobiologie, Université des Sciences et techniques du Languedoc, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier Cedex.

AUBERT Maurice, Directeur du CERBOM, Parc de la Côte, avenue Jean-Lorrain, 06000 Nice (Alpes-Maritimes).

BIGOT Louis, Laboratoire de Biologie animale et Ecologie, Faculté Saint-Jérôme, rue Henri-Poincaré, 13397 Marseille Cedex 4 (Bouches-du-Rhône).

BLONDEL Jacques, Station Biologique de la Tour du Valat, C.N.R.S., Le Sambuc, 13200 Arles (Bouches-du-Rhône).

CONEAU Yves, Laboratoire Arago, Biologie marine 66650 Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales).

DAJOZ R., Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy (Essonne).

DELAMARE DEBOUTTEVILLE Claude, Laboratoire Ecologie générale, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy (Essonne).

GEHU Jean-Marie, Laboratoire de Botanique Systématique et Ecologique, Faculté de Pharmacie, rue La-guesse, 59000 Lille (Nord).

GOUNOT Michel, Institut de Botanique, 28, rue Goethe, 67083 Strasbourg (Bas-Rhin).

LACOSTE Alain, Laboratoire d'écologie végétale, 1, place Leclerc, 25042 Besançon Cedex.

LAUBIER Lucien, Secrétaire adjoint du CNEXO, 39, av. de Iéna, 75016 Paris.

LEFEUVRE Jean-Claude, Laboratoire de Zoologie et d'Ecologie Complexe Scientifique de Beaulieu, BP 25 A, 35000 Rennes (Ille-et-Vilaine).

NÈGRE Robert, Laboratoire de Taxinomie et Ecologie végétales, Faculté Saint-Jérôme, rue Henri-Poincaré, 13397 Marseille Cedex 4 (Bouches-du-Rhône).

OZENDA Paul, Botanique et Biologie végétale et Station Alpine du Lautaret, Cedex 53, 38 Grenoble-Gare (Isère).

PESSON Paul, I.N.A., Laboratoire de Zoologie, Biologie animale et Ecologie, 16, rue Claude-Bernard, 75231 Paris Cedex 05 (Seine).

RAMADE F., Laboratoire de zoologie, Université de Paris Sud, 91405 Orsay (Essonne).

RICOU G., Laboratoire de zoologie agricole, 16, rue Dufay, 76100 Rouen.

RIOUX J.A., Laboratoire de parasitologie, rue Auguste Broussonet, 34000 Montpellier.

ROUX Albert, Département de Biologie animale et Zoologie, 43, bd du 11-Novembre 1918, 69621 Villeurbanne (Rhône).

Mme SAINT GRONS Marie-Charlotte, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy (Essonne).

SALVAT Bernard, Laboratoire de Biologie marine et de Malacologie, 55, rue de Buffon 75005 Paris (Seine).

SAUVAGE Charles, Laboratoire de systématique et Géobotanique méditerranéennes, Institut de Botanique, rue Auguste-Broussonet, 34000 Montpellier.

SOUCHON Christian, Département d'Environnement, Université de Paris-VII, 3, rue des Fossés St-Jacques, 75005 Paris.

TREHEN Paul, Station biologique de Paimpont, 35380 Plélan-le-Grand (Ille-et-Vilaine).

Comité de Rédaction

MM. M. AMANIEU, Montpellier. — A. BROSSET, Brunoy. — J.-J. CORRE, Lab. géobot. méditer., Montpellier. — R. DAJOZ, Brunoy. — C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE, Brunoy. — H. DECAMPS, Lab. Zool. Fac. Sc., Toulouse. — M. GOUNOT, Strasbourg. — Ch. LECORDIER, E.N.S., Paris.

Avril 1979
Trimestriel

fascicule 1

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976

SECRÉTARIAT GÉNÉRAL

4, Avenue du Petit-Château
91800 BRUNOY, Essonne (France)

Publié avec le concours financier du Centre National de la Recherche Scientifique

Tome 10



Bibliothèque Centrale Muséum



3 3001 00041518 5

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

Tome 10 - 1979 - n° 1 - Avril

SOMMAIRE

F. LIEUTIER. — Les Diptères associés à <i>Ips typographus</i> et <i>Ips sexdentatus</i> (Coleoptera : Scolytidae) en région parisienne, et les variations de leurs populations au cours du cycle annuel	1
M. BHAUD. — Description et utilisation d'un engin de récolte à proximité du sédiment	15
F. FORGEARD, J.C. GLOAGUEN et J. TOUFFET. — Interception des précipitations et apport au sol d'éléments minéraux par les eaux de pluie et les pluviollessivats dans quelques landes armoricaines	29
B. COMPS, J. GELPE et J. SAINT-DIDIER. — Nouvelle typologie des landes de la Gascogne : Modèle d'étude sur la commune de Pissos (Landes)	43
A. TESTE-CRISTOFOLI et B. BALEUX. — Influence du lessivage des sols des bassins versants nord sur la pollution bactérienne des eaux de l'étang de Thau	55
Résumés de thèses	69
Analyses d'ouvrages	73

SUMMARY

F. LIEUTIER. — Diptera associated with <i>Ips typographus</i> and <i>Ips sexdentatus</i> (Coleoptera Scolytidae) in the district of Paris, and the variation of their populations during the annual cycle	1
M. BHAUD. — Description and use of an epibenthic closing net	15
F. FORGEARD, J.C. GLOAGUEN, J. TOUFFET. — The interception of precipitation and the supply to the soil of nutrients by rainfall and leachage to some Brittany heathlands	29
B. COMPS, J. GELPE, J. SAINT-DIDIER. — New typologie of the heaths of Gascogne: study on Pissos commune (Landes)	43
A. TESTE-CRISTOFOLI, B. BALEUX. — Leaching effects of the North drainage basins on the bacterial pollution of the Thau mere brackish waters	55
Summary of theses	69
Book review	73

LES DIPTÈRES ASSOCIÉS A *IPS TYPOGRAPHUS*
ET *IPS SEXDENTATUS* (COLEOPTERA : SCOLYTIDAE)
EN RÉGION PARISIENNE,
ET LES VARIATIONS DE LEURS POPULATIONS
AU COURS DU CYCLE ANNUEL

par F. LIEUTIER

Laboratoire de Zoologie, Biologie Animale et Ecologie
Institut National Agronomique
16, rue Claude-Bernard, 75005 Paris

RÉSUMÉ

L'étude numérique et pondérale des diptères associés à Ips sexdentatus et Ips typographus dans les galeries de ces deux insectes permet de comparer leur importance et de déterminer une préférence de la plupart des espèces pour le Pin ou l'Épicéa.

L'étude des arrivées et des émergences des diptères, sur les arbres attaqués par les scolytes, montre des successions très nettes des diverses espèces, en rapport avec le développement dans les galeries sous-corticales. Des remarques peuvent alors être faites concernant leur biologie et leurs exigences.

L'évolution de l'ensemble de la population de Diptères au cours du cycle annuel est également suivie.

SUMMARY

Diptera associated with Ips typographus and Ips sexdentatus (Coleoptera: Scolytidae) in the district of Paris, and the variations of their populations during the annual cycle

The numerical and ponderal survey of Diptera associated with Ips sexdentatus and Ips typographus enables to compare their importance in this two bark beetles galleries. A preference of the most species for Pinus or Picea is determined.

The survey of arrivals and departures of Diptera, on trees attacked by Ips, permits to display plain sequences of various species, in harmony with subcortical development. Remarks can be made then, upon their biology and requirements.

The evolution of the whole population of Diptera also is followed during the annual cycle.

Les galeries des coléoptères scolytides, localisées entre l'écorce et l'aubier de diverses espèces ligneuses, constituent un milieu très particulier par suite de la protection qu'elles offrent à leurs habitants, et du microclimat très spécial qui y règne (amplitude de

température très réduite, air constamment saturé d'humidité). Elles sont remplies des déjections des insectes et de sciure provenant de leur forage.

Elles servent d'abri à une foule d'espèces animales (nématodes, acariens, insectes, etc...) qui y trouvent

nourriture ou conditions microclimatiques idéales. Toutes ces populations varient au cours du cycle de développement des scolytides, et suivant le degré de décomposition du milieu.

Dans une précédente note (LIEUTIER, 1978) nous avons suivi l'évolution des populations d'acariens associés à *Ips typographus* (L.t.) et *Ips sexdentatus* (L.s.) dans les forêts de la région parisienne. Le premier possède une génération annuelle sur *Epicea*, le second deux sur *Pin sylvestre*.

Nous nous proposons ici d'examiner comment évolue la population de diptères.

MÉTHODES ET TECHNIQUES D'ÉTUDE

Les variations faunistiques ont été suivies pendant 18 mois par relevés réguliers ou par piégeages, tout au long des cycles de développement des scolytides.

1. L'ARRIVÉE SUR LES ARBRES ATTAQUÉS.

Des bandes de papier enduites de glu et disposées sur le tronc d'arbres fraîchement abattus, nous ont permis d'étudier les successions des arrivées des différentes espèces, et de les localiser dans le temps par rapport à l'attaque de ces arbres par les scolytes.

Les papiers étaient changés tous les trois jours, et les insectes englués mis à tremper dans l'acétone afin de dissoudre la glu. Ces pièges gluants ont été maintenus durant toute l'évolution sous-corticale des *Ips*, et jusqu'à 15 jours après leur départ (essai-mage).

2. L'ÉVOLUTION SOUS-CORTICALE.

Elle a été suivie grâce à des prélèvements réguliers et standardisés.

Par des tests préalables consistant à augmenter petit à petit la surface de prélèvement, nous avons pu déterminer que 30×30 cm était l'aire d'échantillonnage à partir de laquelle le nombre cumulé d'espèces d'insectes n'augmentait plus ; d'où le choix de cette surface comme type de prélèvement.

Toutes les deux ou trois semaines, l'écorce d'un arbre attaqué était donc découpée et prélevée sur cette surface ; la sciure restant sur le tronc était également récupérée.

Ce type de prélèvement a eu lieu sur *Pin sylvestre* avec *Ips sexdentatus*, et sur *Epicea* avec *Ips typographus*. D'autre part, pendant la période mi-septembre - début mai, nous avons pu effectuer des prélèvements sur un *Epicea* comportant simultanément les deux scolytes.

Au laboratoire, les échantillons étaient réduits manuellement en menus morceaux et examinés en détail, afin d'en retirer tous les animaux qui étaient alors triés, dénombrés et pesés, par stade et par espèce. Par des élevages, nous avons obtenu la correspondance entre les formes larvaires et adultes observées.

Les déterminations ont été effectuées sur les adultes (1).

3. L'ÉMERGENCE.

Nous avons suivi les sorties des insectes à partir des arbres attaqués, sur le terrain et au laboratoire.

— Sur le terrain, des pièges d'émergence, fondés sur le phototropisme positif des insectes à leur sortie des écorces, ont été installés sur des troncs attaqués, et relevés quotidiennement. Ce dispositif nous a permis de localiser l'époque de sortie des différents diptères par rapport à celle des *Ips*.

— Afin de préciser les successions obtenues sur le terrain, des écorces prélevées sur des troncs infestés ont été ramenées au laboratoire, et laissées en

(1) Nous remercions ici vivement M. L. TSACAS, Maître de Recherche au C.N.R.S., qui a très aimablement accepté de se charger de ce travail.

cage d'élevage à la température ambiante. Les insectes émergents étaient récoltés quotidiennement, directement dans la cage.

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

1. LES ESPÈCES RÉCOLTÉES.

11 espèces de diptères ont été récoltées, représentant 7 familles :

— DOLICHOPODIDAE :

Medetera signaticornis Lw, *Medetera ambigua* Zett., *Medetera thunebergi* Nebrov.

— STRATIOMYIDAE :

Pachygaster minutissima Zett..

— LONCHAEIDAE :

Lonchaea zetterstedti.

— ANTHOMYIDAE :

Phaonia gobertii Mik.

Les autres espèces appartiennent aux familles des *Sciaridae*, *Cecidomyiidae*, et *Ceratopogonidae*.

Les prélèvements d'écorces nous ont fourni les formes larvaires ou nymphales. Les adultes ont été obtenus à partir des élevages et des pièges (glu, émergence).

— Les *Sciaridae* et les *Cecidomyiidae* vivent généralement en saprophages ou mycétophages, dans les matières végétales pourries, le terreau, le bois mort, ou les champignons sylvestres (SEGUY, 1950). Certaines *Cecidomyiidae* pourraient aussi se nourrir de résine de conifères, et quelques espèces seraient parfois zoophages, aux dépens des petits animaux qu'elles rencontrent.

Alors que les larves recherchent les endroits humides des forêts ombragées, les adultes seraient très héliophiles. L'évolution larvaire est très rapide, et il pourrait y avoir plusieurs générations par an.

— *Phaonia gobertii* (Anthomyiidae) a été observé dans les galeries sous la forme de grosses larves blanches de près 15 mm environ ou de pupes brunes de même taille. Selon SEGUY (1950), les Anthomyiidae sont des saprophages ou des coprophages. Cependant, KEILIN (1917, in HENNIG, 1964) indique que les larves de *Phaonia gobertii* s'alimentent sous les écorces aux dépens des larves d'autres insectes : et NUORTEVA (1959) et BEAVER (1966) précisent qu'elles peuvent se comporter en prédateur important de larves de *Medetera*.

Nos observations (cf. évolution sous-corticale) nous permettent également de conclure à la possibilité d'un régime prédateur vis-à-vis des larves de *Medetera*.

L'hibernation se ferait au stade pupe, il n'y aurait qu'une génération par an.

— Les larves de *Lonchaea* (Lonchaeidae) sont généralement des saprophages, des coprophages ou des phytophages. SEGUY (1950) cite *Lonchaea laticornis* sur Pin avec *Ips sexdentatus* et *Lonchaea fugax* avec *I. typographus*. IMMS (1957) pense que certaines larves de *Lonchaea* sont prédatrices de larves de scolytides, et SEGUY (1950) conclue à un régime mixte saprophage-prédateur. Cependant, KISHI (1972) pour *L. scutellaris*, et JOHNSEY et coll. (1965) pour *L. furnissi* ont montré, par des élevages au laboratoire, qu'elles ne sont jamais prédatrices, mais nécrophages.

Pour notre part, nous avons très souvent observé des larves de *L. zetterstedti* groupées dans les cadavres de divers scolytidae adultes. Ces adultes étant fortement sclératinisés, la présence des larves de *Lonchaea* était probablement postérieure à leur mort. Nous n'en avons par contre jamais observé s'attaquant à des insectes vivants (larves ou jeune adultes). Nous leur accorderons donc un régime nécrophage ou saprophage.

Selon KLINE et RUDINSKY (1964), l'hibernation des *Lonchaea* a lieu au stade larvaire, l'adulte apparaîtrait en juin, et il y aurait deux générations par an.

— Les larves de *Pachygaster minutissima* (Stratiomyidae) sont très abondantes sous les écorces infes-

tées par les scolytides. Nous les avons observées souvent groupées dans les dépouilles de divers coléoptères. SEGUY (1950) indique que les Stratiomyidae vivant dans les matières végétales en décomposition sont généralement saprophages, occasionnellement phytophages, exceptionnellement zoophages.

P. minutissima à l'état larvaire semble appartenir aux saprophages, plus exactement aux nécrophages, et aurait, nous semble-t-il dans les galeries des scolytides, une action de nettoyage en faisant disparaître les dépouilles mortelles de divers insectes. Ce rôle serait partagé avec les larves de *Lonchaea zetterstedti* et celles des coléoptères du genre *Rhizophagus*, également très abondantes.

L'hibernation se ferait à l'état larvaire, et il n'y aurait qu'une génération par an.

— Le genre *Medetera* (Dolichopodidae). Nous avons observé les adultes sur les troncs d'arbres dans leur posture caractéristique, la tête et le devant du corps dressés, ou se déplaçant à reculons ou latéralement, comme le signale PARENT (1936). Ils capturent à la course de petits insectes à tégument mou ou des acariens sont ils se nourrissent (DE LEON, 1935; SEGUY, 1950; BEAVER, 1966).

Quant aux larves qui vivent dans les galeries des scolytides, la plupart des observateurs s'accordent à penser qu'elles sont prédatrices, principalement de larves et de nymphes de ces coléoptères.

Ainsi, PERRIS (1870, in HUBAULT, 1925) pour *M. ambigua*, LUNDBECK (1912, in HUBAULT, 1925) pour *M. tristis*, KLINE et RUDINSKY (1964), SCHMID (1971) NAGEL et FITZGERALD (1975) pour *M. aldrichi*, nous sentent qu'elles sont prédatrices des jeunes stades larvaires et nymphaux de scolytides, mais sans apporter de preuves certaines dans la nature.

Pour DE LEON (1935) et HOPPING (1947) pour *M. aldrichi*, et BEAVER (1966) pour *M. nitida* et *M. impigra*, bien que les larves de ces diptères s'attaquent aux œufs, aux larves et aux nymphes de scolyte, cela ne constitue pas leur seule nourriture. Les larves de Cerambycides, de Buprestides, d'autres diptères, et d'Hyménoptères sont aussi consommées,

de même que des cadavres variés. Le cannibalisme serait même possible en cas de rareté de la nourriture.

JOHNSEY et coll. (1965) indiquent qu'ils ont pu observer la prédation des larves et nymphes de scolytides par *M. aldrichi* au laboratoire, mais pas sur le terrain.

A l'inverse, bien que HUBAULT (1925) ait souvent observé les larves de *M. signaticornis* avec leurs pièces buccales plantées dans les larves ou les nymphes de scolytides, il affirme que la mort de ces dernières paraissait cependant antérieure à l'attaque des *Medetera*. KISHI (1969), lors d'élevages au laboratoire, n'a jamais pu nourrir les larves de *Medetera* avec des larves ou nymphes de scolytes vivantes, mais toujours mortes. Ces deux auteurs concluent donc à un régime nécrophages vis-à-vis des scolytides, avec peut être une prédation vis-à-vis d'autres insectes.

Pour notre part, nous avons été amené à considérer (cf. arrivées sur les arbres attaqués) comme certaine la nourriture aux dépens d'autres espèces (vivantes ou mortes) que les scolytides, sans exclure cependant la possibilité de prédation sur ces derniers.

L'accouplement des adultes a lieu sur les troncs d'arbres attaqués par les scolytides, et la ponte s'effectue généralement dans les anfractuosités des écorces (HUBAULT, 1925; DE LEON, 1935; HOPPING, 1947), ou dans des canaux résinifères dégénérés (SCHMID, 1970). Certaines femelles de *M. impigra* pénétreraient même à l'intérieur de la chambre d'accouplement du système (BEAVER, 1966).

La recherche du lieu de ponte semble ne pas se faire au hasard, de même que l'orientation des larves après leur éclosion; des composés odoriférants libérés par l'arbre ou les scolytides auraient leur rôle à jouer (FITZGERALD et NAGEL, 1972 pour *M. aldrichi*, WILLIAMSON, 1971 et CAMORS et PAYNE, 1973 pour *M. bistriata*).

Les adultes restent présents pendant tout l'été: les larves se développent à partir de juin, et les trois états peuvent être observés durant l'été. L'hiberna-

TABLEAU 1

Importance relative des diverses espèces de diptères capturés dans les galeries d'I. t. et d'I. s. d'après l'ensemble des relevés, et densité totale

	<i>Ips typographus</i> seul Epicea			<i>Ips sexdentatus</i> seul Pin sylvestre		
	Fréquence %		Constance %	Fréquence %		Constance %
	Nombre	Biomasse		Nombre	Biomasse	
Sciaridae	5,8	3,3	53,3	37,7	6,5	78,3
<i>Lonchaea zetterstedti</i>	2,0	8,5	20,0	24,4	49,0	60,9
<i>Medetera</i> sp.	2,6	11,8	40,0	6,7	10,5	39,1
<i>Pachygaster minutissima</i>	85,5	71,2	60,0	20,8	14,2	47,8
<i>Phaonia gobertii</i>	0	0	0	1,6	16,2	26,1
Divers (principalement Cecidomyidae)	4,1	5,2	46,8	8,8	3,6	47,8
Total	100	100	80	100	100	91,3
Densité totale (nbre/m ² ou mg/m ²)	387	332		309	871	
Nombre de relevés	14		15	23		23

tion se fait au stade larvaire, la pupaison a lieu au printemps d'avril à août, et l'émergence des adultes de mai à août, suivant les espèces et les localités.

2. RÉSULTATS SUR L'ENSEMBLE DU CYCLE ANNUEL.

Le tableau 1 indique l'importance relative des différentes espèces capturées dans les galeries d'*Ips typographus* et d'*Ips sexdentatus*, ainsi que la densité et la constance totale des diptères par unité de surface.

Au niveau global, alors que la densité numérique est sensiblement la même, la densité pondérale en diptères semble plus élevée dans les galeries d'I. s. (871 mg/m²) que dans celles d'I. t. (332 mg/m²).

Si nous ne retenons que les relevés de la période mi-septembre - début mai pour pouvoir comparer

avec les résultats obtenus sur les arbres comportant les deux *Ips*, nous obtenons le tableau 2 (nous n'avons pu y faire figurer les valeurs relatives à I. t. à cause du faible nombre de prélèvements pendant cette période).

Puisque la densité est numériquement la même et l'évaluation pondérale plus élevée chez I. s. que

TABLEAU 2

Importance des Diptères
pour la période mi-septembre - début mai

	<i>Ips sexdentatus</i> seul	<i>Ips sexdentatus</i> et <i>I. typographus</i> simultanément
Nombre de Diptères/m ²	497	1046
Biomasse de Diptères mg/m ²	1523	1492

chez *I. t.*, nous pouvons déduire de ces chiffres que le nombre de diptères par unité de surface est beaucoup plus important dans le cas d'un développement simultané des deux *Ips* que dans le cas d'un développement séparé. La biomasse doit être par contre intermédiaire entre celle obtenue dans les galeries de chacune des deux espèces prises séparément, mais cependant proche de celle observée chez *I. s.*

L'examen global de la constance des diptères dans les prélèvements (rapport du nombre de prélèvements comportant au moins un diptère, au nombre total de prélèvements) nous montre qu'elle est plus élevée chez *I. s.* (91,3 %) que chez *I. t.* (80 %). Un calcul limité à la période mi-septembre - début mai nous permet la comparaison avec un développement simultané (cf. tableau 3).

TABLEAU 3

Constance des Diptères dans les prélèvements (%)
pour la période mi-septembre - début mai

	Total	Sciaridae	Lonchaea zetterstedti	Medetera	Pachy- gaster minutissima	Phaonia gobertii	Divers
<i>I.s. + I.t.</i>	100	78,6	85,7	50	100	0	78,6
<i>I.s. seul</i>	100	100	67	67	75	50	42

D'un point de vue global, la constance des diptères (nombre de prélèvements contenant au moins un diptère, rapporté au nombre total de prélèvements) est maximum (100 %) dans les deux milieux.

Au niveau spécifique, on observe des différences tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et aucune règle générale ne peut être dégagée. Ainsi, *Lonchaea zetterstedti* et *Pachygaster minutissima* semblent plus constants dans les prélèvements portant les deux espèces, tandis que l'on observe le contraire pour les *Sciaridae*, les *Medetera*, et *Phaonia gobertii*.

Les espèces dominantes ne sont pas non plus les mêmes suivant le type de milieu (tableau 1).

Pour l'*Epicea* et *I. t.*, *P. minutissima* (85,5 % du nombre et 71,2 % de la biomasse) est prépondérante, les autres espèces étant très faiblement représentées (*Medetera* 11,8 % de la biomasse).

Chez *I. s.* sur Pin sylvestre, ce sont les *Sciaridae* les plus abondants (37,7 % du nombre), viennent ensuite *L. zetterstedti* (24,4 %) et *P. minutissima* (20,8 %) ; mais la taille très petite des *Sciaridae* fait que c'est *L. zetterstedti* qui est pondéralement l'espèce la plus importante (49 %), suivie de *P. gobertii* (16,2 %).

Enfin, en cas de développement simultané des deux *Ips* sur *Epicea* (mi-septembre - début mai), on retrouve la même tendance, mais moins accusée, que chez *I. t.* Cette dernière constatation fait penser à un rôle important de l'essence végétale pour le choix par les diptères de leur milieu de développement.

Il est possible ainsi, d'après leur prépondérance et leur constance dans les différents milieux, de dégager une tendance à une spécificité plus ou moins marquée des diverses espèces pour un arbre hôte ou un scolyticide. Les *Sciaridae*, *Lonchaea zetterstedti*, et *Phaonia gobertii* semblent préférer le Pin sylvestre infesté par *Ips sexdentatus*, et *Pachygaster minutissima* l'*Epicea* infesté par *Ips typographus*. Les *Medetera* semblent indifférents mais ce genre renferme ici trois espèces, et il est donc possible qu'il existe une spécificité à ce niveau.

3. EVOLUTION DES POPULATIONS.

a) L'arrivée des diptères sur les arbres attaqués.

Les figures 1 (a et b) montrent les résultats des captures de diptères aux pièces gluantes sur des troncs de Pin sylvestre fraîchement abattus et attaqués par *I. s.*, pour les deux générations annuelles (fig. 1 a : essaimage de printemps, fig. 1 b : essaimage d'été).

Nous pouvons y observer une succession des arrivées.

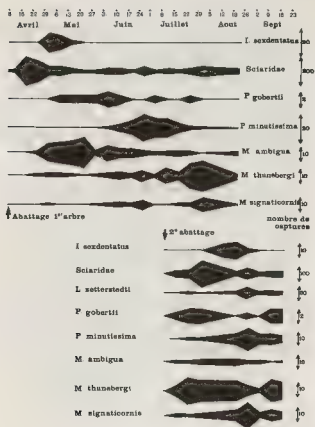


FIG 1. — Captures au piège gluant des diptères associés à *Ips sexdentatus*, au moment de leur arrivée sur un *Pin sylvestre* fraîchement abattu.

1a) 1^{er} arbre, essaimage de printemps,
1b) 2^e arbre, essaimage d'été

— Les *Sciaridae* arrivent très tôt, dès l'abattage de l'arbre, avant même *Ips sexdentatus* ; c'est donc certainement le végétal qui détermine ici le choix de ce diptère pour telle ou telle essence. Cette arrivée précoce et massive s'observe avant chaque génération d'*I. s.*, il semble donc bien y avoir deux générations de *Sciaridae* dans l'année.

Il est à remarquer de plus que la deuxième génération se porte en masse sur l'arbre abattu en juillet et non sur celui abattu début avril. C'est ainsi manifestement un végétal frais que cherchent les *Sciarides*, et l'olfaction joue peut être un rôle important, par les substances terpéniques dégagées par l'arbre coupé.

La vue ne peut en effet intervenir puisque les deux arbres ont le même aspect, ni la recherche de lieu de ponte par exploration puisque les insectes sont englués dès qu'ils se posent.

Au moment où s'installe *I. s.* les arrivées de *Sciarides* ont déjà fortement décro, et se pose alors le problème de la présence de leurs larves dans les galeries du scolyte. Pour l'expliquer, il faudrait supposer que les œufs pondus au moment de l'arrivée des adultes n'évoluent que lentement, pour n'éclore que 15 jours plus tard, lorsque les scolytides ont commencé à forer leurs systèmes, offrant ainsi un abri pour les larves.

Cependant, la présence très fréquente de larves de *Sciaridae* entre les fibres corticales nous conduit à penser qu'elles sont capables de s'infiltrer dans l'écorce, et de s'enfoncer en profondeur avant même l'arrivée des *Scolytidae*.

— Immédiatement après l'installation d'*I. s.* a lieu le « pic d'arrivée » des espèces du genre *Medetera*, *M. ambigua* pour la première génération (sur le premier arbre), *M. signaticornis* pour la deuxième (deuxième arbre). STEPHEN et DAHLSTEN (1976) ont trouvé un résultat analogue pour *M. aldrichii* sur les Pins attaqués par *Dendroctonus brevicornis*.

Les arrivées sont cependant assez étalées, et il n'existe par conséquent pas de coïncidence étroite avec le cycle de développement des scolytides ; la prédation aux dépens de ceux-ci n'est donc pas favorisée.

D'autre part, chaque *Medetera* a sa génération hôte déterminée, et cela implique quelques conséquences alimentaires.

Ainsi, *Medetera ambigua* devra terminer son évolution larvaire en passant l'hiver dans un arbre abandonné depuis août par *I. s.* ; sa nutrition à partir d'août s'effectuera donc alors uniquement aux dépens des commensaux de celui-ci. Au contraire, *M. signaticornis* passe tout l'hiver en compagnie de la deuxième génération du scolytite, et son émergence a lieu à partir de mai, en même temps que celle d'*I. s.* (cf. fig. 3 a). Le fait qu'on ne capture les adultes sur les pièges gluants qu'en août implique

donc qu'ils doivent « errer » quelque temps (trois mois environ), avant d'aller pondre sur les arbres attaqués.

En conséquence pratique, parmi les larves de *Medetera* récoltées en hiver dans les écorces contenant des *Ips*, une très petite proportion doit appartenir à *M. ambigua*, *M. signaticornis* devant être par contre très bien représenté. C'est d'ailleurs ce que montre l'analyse en laboratoire des sorties des adultes issus d'écorces infestées par *I. s* et récoltées en hiver (fig. 4 a), de même que celle des sorties sur le terrain (fig. 3 a).

Le maximum de captures de *M. thunebergi* a lieu fin juillet - début août sur les deux arbres, avec cependant une préférence semble-t-il pour le premier. Mais à ce moment, les *Ips* de la première génération sont prêts à essaimer, et donc *M. thunebergi* ne peut pratiquement pas avoir d'action sur eux.

Ce *Medetera* semble donc plutôt associé à d'autres scolytides très secondaires qui arriveraient sur l'arbre en juillet. Il y a malgré tout une quantité non négligeable de *M. thunebergi* qui pondent sur le Pin portant la deuxième génération d'*Ips*, et qui doivent donc y évoluer et y passer l'hiver.

— Presque en même temps que *Medetera ambigua*, *Phaonia gobertii* arrive sur le premier arbre. Le très faible nombre d'individus capturés rend l'interprétation des résultats difficile, mais il est possible de voir que les arrivées les plus fréquentes se situent fin mai - début juin, c'est-à-dire à une époque où *I. s* est encore à l'état larvaire.

Sur le deuxième arbre, les arrivées de *P. gobertii* commencent en juillet, avant même l'installation des scolytides, et se prolongent au-delà de la mi-septembre.

— *Pachygaster minutissima* arrive sur le premier arbre bien après *P. gobertii*, fin juin - début juillet, donc assez tardivement quand les scolytides sont à l'état de nymphes ou de jeunes adultes. Son arrivée sur le deuxième arbre est plus précoce puisqu'elle a lieu en même temps que *Medetera signaticornis*, aux stades larvaires des scolytides.

Les figures 1 a et 1 b montrent donc nettement deux époques d'arrivée pour *Pachygaster*, en dehors desquelles les captures sont très réduites ou nulles ; or il semble peu probable qu'il y ait deux générations dans l'année, étant donné le faible écart (deux mois) qui les séparerait. Nous pensons donc que nous avons à faire à une seule génération dont les individus arrivent à l'état adulte à des dates très variables selon les conditions locales de leur évolution.

L'existence de sorties très échelonnées lors des essaimage au laboratoire (fig. 4 a et 4 b) et dans la nature (fig. 3 b) va dans le sens de cette hypothèse.

Il est cependant difficile d'expliquer dans ce cas l'absence de captures sur les deux arbres en fin juillet - début août. Peut être le premier arbre a-t-il atteint à ce moment un stade trop avancé pour la ponte, le deuxième arbre n'étant pas non plus propice, par l'absence de système développé de galeries favorable à l'évolution larvaire.

— *Lonchaea zetterstedti* n'a jamais été capturé sur le premier arbre. Sur le deuxième, il apparaît en même temps que *Medetera signaticornis* et *Pachygaster minutissima*.

b) L'évolution dans les galeries.

Elle est schématisée dans les figures 2 a pour *I. s*. et 2 b pour *I. t.*, où chaque espèce est figurée par le pourcentage d'importance relative que représente sa biomasse par rapport à la biomasse totale de diptères au moment considéré.

— Les larves de Sciaridae représentent chez *I. s*. une part importante de la biomasse au début de chaque génération, ce fait est dû à l'arrivée des adultes à chaque essaimage. On retrouve ici les deux générations observées précédemment (cf. fig. 1). Puis la part des Sciaridae dans la biomasse totale diminue, par suite de l'arrivée des autres espèces. Au printemps, ils n'ont pas tous encore quitté leur milieu de développement larvaire, ce qui fait que leur biomasse reprend de l'importance relative.

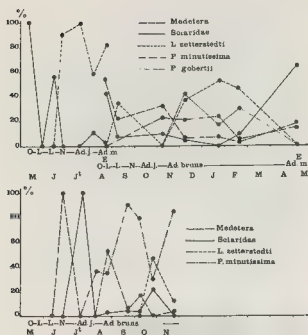


FIG. 2. — Répartition spécifique pondérale des Diptères dans les galeries des scolytides au cours d'un cycle annuel.

2a) Galeries d'*I. sexdentatus* sur Pin sylvestre,

2b) Galerie d'*I. typographus* sur *Spicea*.

Le cycle des scolytides a été schématisé sous les graphiques : O = œuf; L = larves; N = nymphe; Ad = adulte; j = jaune; m = mûr.

On observe les mêmes phénomènes chez *Ips t* et on peut y retrouver également les deux générations annuelles de Sciariides ; la deuxième s'installe donc ici sur le même tronc que la première. Elles sont décalées de deux mois par rapport à celles associées à *I. s.*, il s'agit sans doute d'espèces différentes, en fonction de l'essence végétale.

— Après les Sciariides, ce sont les larves de *L. zetterstedti* qui apparaissent dans les galeries de la première génération d'*I. s.*, bien qu'aucun adulte n'ait été capturé dans les pièges gluants. Au contraire, il n'y a aucune larve de *Medetera* ni de *Pachygaster*, alors que les captures de leurs adultes avaient été abondantes dans la glu.

Nous n'avons pas trouvé d'explication à ces observations contradictoires. Ces larves se nourrissent-elles dans les crevasses de l'écorce, sur d'autres proies ?

Pour la deuxième génération, les larves de *Medetera* sont récoltées très tôt, en même temps que celles des Sciariides ; elles correspondent sans doute à *M. signaticornis* et *M. thunebergi*, d'après ce que nous avons pu conclure de la figure 1 b. L'importance des *Medetera* diminue ensuite très rapidement au cours de l'hiver. Au printemps, certains individus devenus adultes quittent l'arbre, mais d'autres attardés ne partiront que plus tard (fig. 3 a), contribuant ainsi, et par suite du départ d'autres espèces, à révaloriser l'importance relative des *Medetera* dans les galeries.

Chez *I. t.* nous trouvons deux « pics » de larves de *Medetera*. Le premier doit correspondre à *M. ambigua*, le deuxième probablement à *M. thunebergi* et *M. signaticornis*, en supposant que ces espèces s'installent à la même époque que chez *I. s.* De même que chez *I. s.*, on note encore ici une chute de leurs effectifs en hiver.

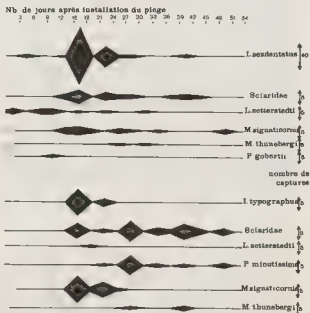


FIG. 3. — Captures des diptères au piège d'émergence, lors de l'essaimage des scolytides.

3a) Essaimage de printemps d'*Ips sexdentatus*,

3b) Essaimage d'*Ips typographus*.

Cette importante mortalité hivernale des larves de *Medetera* a déjà été signalée par plusieurs auteurs, en particulier HOPPING (1947), NUORTEVA (1959) et BEAVER (1966). Alors que les deux premiers l'attribuent à des maladies cryptogamiques ou autres, BEAVER cite diverses autres possibilités d'explication dont la prédation, par *Phaonia gobertii* et *Thanasimus formicarius* (Coleoptère Cleridae) en particulier, et le cannibalisme en l'absence de nourriture.

La figure 2 a montre que *P. gobertii* devient très important précisément pendant l'hiver. Nous pensons donc personnellement pour lui attribuer la responsabilité de la mortalité des *Medetera*.

Il est possible que les larves de *Thanasimus formicarius* aient aussi une influence. Nous en avons en effet trouvé quelques-unes lors des relevés hivernaux, en nombre cependant beaucoup plus réduit et moins fréquemment que *Phaonia gobertii*.

— Quelque temps après celles de *Medetera*, les larves de *P. minutissima* prennent de l'importance, surtout à partir de novembre chez *I.s.* et d'août chez *I.t.* Elles sont issues des pontes de fin août pour la deuxième génération d'*I.s.* et des pontes de juin-juillet et fin août pour *I.t.*

L'essaimage de ce diptère doit être très échelonné, comme semble l'indiquer sa présence sous les écorces lors du départ des scolytides en mai, et comme nous avons été amené à le suggérer précédemment.

— Un peu après *P. minutissima*, ce sont *L. zetterstedti* et *P. gobertii* qui dominent. Les larves de *Lonchaea zetterstedti* abondent à l'entrée de l'hiver pour la deuxième génération d'*I.s.*, et à l'automne pour *I.t.*, correspondant aux œufs pondus par les adultes fin août - début septembre. Elles doivent se développer rapidement au printemps et leurs adultes essaimer assez tôt, puisqu'on n'en retrouve plus sous les écorces au moment de l'essaimage des scolytides.

Phaonia gobertii a une évolution à peu près analogue, sauf qu'il n'existe que chez la deuxième génération d'*I.s.*, et n'a jamais été rencontré chez *I.t.* Il prend de l'importance au début de l'hiver, correspondant aux larves issues des œufs pondus en septembre. Son essaimage doit être aussi assez précoce.

c) L'émergence.

Les figures 3 a pour l'essaimage de printemps d'*I.s.* et 3 b pour *I.t.* retracent les successions des captures aux pièges d'émergence sur le terrain. Les résultats sont quelque peu fragmentaires; les figures 4 nous permettent de les compléter d'après ceux obtenus au laboratoire, à partir d'écorces prélevées sur les mêmes arbres (4 a : émergence de printemps d'*I.s.*, 4 b : *I.t.*).

Il existe encore très nettement une succession des sorties.

Lonchaea zetterstedti et *Phaonia gobertii* essaient plus tôt qu'*I.s.* (fig. 3 a), comme nous l'avions

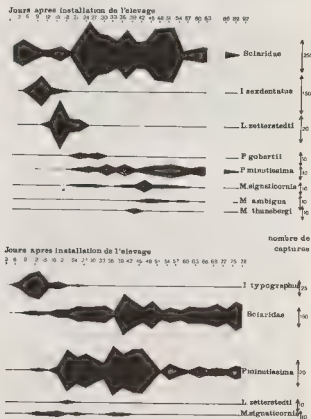


FIG. 4. — Émergence des Diptères au laboratoire, à partir d'écorces récoltées sur le terrain en hiver.

4a) Écorces de Pin sylvestre contenant *Ips sexdentatus*,
4b) Écorces d'Épicéa contenant *Ips typographus*.

prévu lors de l'analyse de l'évolution sous-corticale. Cependant, l'essaimage au laboratoire (fig. 4 a) ne semble pas confirmer les données du terrain, puisque leur émergence s'y observe après la sortie des scolytides.

L'essaimage au laboratoire a été observé à partir d'écorces ramassées sur le terrain en plein hiver (fin décembre - début janvier). A cette époque les deux diptères se trouvent à l'état larvaire, tandis qu'*I.s.* est à l'état adulte en fin de maturation. Une fois ramené au laboratoire à des températures voisines de 22 °C, les trois espèces se trouvent dans la zone de leur optimum thermique, et il est donc normal que les scolytides terminent leur développement les premiers, étant donné l'avance qu'ils avaient au moment de la récolte.

Sur le terrain par contre, les températures remontent très progressivement à la fin de l'hiver, et les deux diptères, s'ils ont un seul de torpeur par le froid inférieur à celui des scolytides, peuvent très bien reprendre leur développement pendant qu'*I.s.* est encore inactif. De fait, l'examen d'écorces sur le terrain vers la mi-mars montre que *L. zetterstedii* et *P. gobertii* sont déjà au stade pupe alors que *I.s.* n'a toujours pas repris son développement.

Dans ces conditions, il est normal que, à l'inverse du laboratoire, ces diptères émergent dans la nature avant *I.s.*

Ce phénomène de reprise d'activité est d'ailleurs également possible en plein hiver, lorsque le rayonnement est intense pendant la journée, grâce à l'« effet de serre » créé par l'écorce quand elle est au soleil.

Pachygaster minutissima est le diptère qui sort le plus tardivement (fig. 3 b dans la nature, 4 a et 4 b au laboratoire). Un nombre important d'individus de cette espèce se trouve donc encore sous les écorces au moment de l'essaimage des scolytides, expliquant ainsi l'augmentation du pourcentage qu'ils y représentent à cette époque, par rapport à l'ensemble des diptères (fig. 2 a).

La sortie des Sciaridae et de *Medetera signaticornis* débute sur le terrain en même temps que celle

des scolytides (fig. 3 a et 3 b) (il existe encore ici un décalage avec les résultats du laboratoire, fig. 4 a et 4 b). Leurs sorties sont cependant très échelonnées, ce qui fait que le pourcentage qu'ils représentent dans les galeries augmente au moment de l'essaimage des *Ips* (fig. 2 a), certains individus étant encore sous les écorces à cette époque.

Cette simultanéité de l'émergence des *Medetera* avec celle du scolytisme est en accord avec ce qu'a observé BEAVER (1966) pour *M. nitida* et *M. impigra* associés à divers Scolytus. Par contre, JOHNSEY et coll. (1965) et SCHMID (1970) ont noté l'émergence de *M. aldrichi* en avance d'un mois par rapport à celle de *Dendroctonus pseudotsugae* et de *D. ponderosae*.

Nous pouvons également remarquer sur les figures 3 a et 4 a l'importance de *Medetera signaticornis* par rapport aux autres *Medetera*, en particulier *M. ambigua*. Or nous sommes ici dans l'essaimage d'une génération ayant passé l'hiver, c'est donc ce à quoi nous devons nous attendre d'après nos précédents commentaires relatifs à l'arrivée des *Medetera*.

d) Evolution globale des Diptères dans les galeries.

Cette évolution peut être considérée comme une conséquence des trois conditions précédemment décrites concernant l'attaque, le développement sous-cortical, et l'émergence des différentes espèces.

Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 5 a pour *I.s.* et 5 b pour *I.t.*, dans lesquelles sont retracées les variations du nombre total et de la biomasse totale de diptères par m², au cours du cycle annuel.

— Chez *I.s.*, les valeurs atteintes sont beaucoup plus importantes pendant l'hiver que pendant le reste de l'année. De plus, pour un même stade de développement, elles sont aussi plus importantes au cours de la deuxième génération que de la première. Le nombre total et la biomasse totale augmentant progressivement au cours de l'année, la montée étant très rapide à partir de novembre, pour atteindre un maximum en janvier.

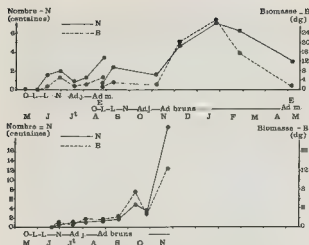


FIG. 5. — Variations du nombre total et de la biomasse totale de Diptères sous-corticaux par m², au cours du développement des scolytides.

5a) Galeries d'*Ips sexdentatus*,

5b) Galeries d'*Ips typographus*.

Le cycle des scolytides a été schématisé sous les graphiques : O = œuf, L = larve; N = nymphe; Ad = adultes; j = jaune; m = mûr.

Au début de l'évolution, le nombre croît plus vite que la biomasse, cela étant du sans doute à l'arrivée précoce des Sciaridae, et aussi au fait que les larves des diverses espèces sont encore à un stade jeune. A la sortie de l'hiver, c'est la biomasse qui décroît le plus rapidement, par suite du départ précoce des grosses espèces telles que *L. zetterstedti* et *P. gobertii*.

— Chez *I.t.*, l'augmentation du nombre et de la biomasse sont également très lente au début, nous n'avons même observé les premiers diptères dans nos prélèvements qu'à la fin juin. Il y a donc un retard par rapport à ceux se trouvant sur Pin sylvestre associés à *I.s.* Comme chez ce dernier cependant, la montée est très rapide juste au début de l'hiver (novembre).

4. CONCLUSIONS.

D'un point de vue global, *I.s.* est associé dans ses galeries à une biomasse de diptères par unité de surface plus élevée qu'*I.t.*

Le développement simultané des deux scolytides sur le même arbre, bien que fournissant un nombre total de diptères supérieur à ce que l'on observe dans le cas de développements séparés, donne néanmoins une biomasse intermédiaire.

D'autre part, les Diptères rencontrés peuvent être classés en deux catégories :

- ceux montrant une préférence pour le Pin sylvestre et *I.s.*, tels les Sciaridae, *Lonchaea zetterstedti* et *Phaonia gobertii* ;
- ceux montrant une préférence pour l'Épicéa et *I.t.*, tels *Pachygaster minutissima*
- Il n'a pas été possible de trancher pour le genre *Medetera*.

L'étude de l'évolution des populations montre qu'il existe une succession des attaques et des sorties.

Pour la première génération d'*I.s.* on note la succession suivante d'attaques :

Sciaridae -

Ips sexdentatus et *Medetera ambigua* -
Phaonia gobertii - *P. minutissima* - *M. thunebergi*.

Pour la deuxième génération, les arrivées sont beaucoup plus groupées :

Sciaridae -

Ips sexdentatus - *Medetera signaticornis*
Lonchaea zetterstedti
Pachygaster minutissima
Phaonia gobertii.

Parmi ces arrivants, seuls les Sciaridae représentent une deuxième génération, les autres sont de la même que celle qui s'est portée sur le premier arbre, leur essaimage étant très étalé dans l'année.

En conséquence, les larves de tous les Diptères qui se sont installés sur l'arbre infesté par la première génération d'*I. s.*, passeront l'hiver dans un milieu abandonné depuis août par celui-ci (sauf les Sciaridae). Celles issues des individus s'étant installés sur l'arbre portant la deuxième génération, passeront l'hiver en compagnie d'*I. s.*. Cela tend à prouver que la présence du scolytide lui-même est facultative pour l'évolution de ces diptères.

L'émergence à partir d'arbres infestés par *I. s.* nous a montré au printemps les successions de sortes suivantes :

Lonchaea zetterstedti - *Phaonia gobertii* - *Ips sexdentatus*, *Sciaridae M. signaticornis* et *P. minutissima*

et nous avons vu qu'il est possible d'attribuer la précocité de *L. zetterstedti* et de *P. gobertii* au fait que ces espèces ont un zéro de développement plus bas que celui d'*I. s.*

Les attaques et les sorties de tous ces diptères sont bien sûr en étroite corrélation avec leur évolution sous-corticale.

Cette succession dans le développement des diverses espèces fait que chacune d'entre elles trouve toujours nourriture idéale et abri efficace dans le milieu qu'elle exploite, sans entrer en concurrence avec les espèces voisines.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAVER (R.A.), 1966. — The biology and immature stages of two species of *Medetera* (Diptera : Dolichopodidae) associated with the bark beetle *S. scolytus*. *Proc. R. Ent. Soc. London*, 41, 145-154.
- CAMORS (F.B.C.) et PAYNE (J.L.), 1973. — Sequence of arrival of entomophagous insects to trees infested with southern pine beetle. *Environment. Entomol.*, 2, n° 2, 267-270.
- DE LEON (D.), 1935. — A study of *Medetera aldrichii* (Diptera : Dolichopodidae), a predator of the mountain pine beetle *Dendroctonus monticolae* Hopk., *Entomologia Amer.*, 15, 59-91.
- FITZGERALD (T.D.) et NAGEL (W.P.), 1972. — Oviposition and larval bark-surface orientation of *Medetera aldrichii* (Diptera : Dolichopodidae) : Response to a prey-liberated plant terpene. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 65, 328-330.
- HENNIG (W.), 1964. — Muscidae. Zweite Hälfte Stuttgart. E. Schweizerbart'sche verlag, 110 p.
- HOPPING (G.R.), 1947. — Notes on the seasonal development of *Medetera aldrichii* Wheeler (Diptera : Dolichopodidae) as a predator of the Douglas-fir bark beetle, *Dendroctonus pseudotsugae* Hopk. *Can. Ent.*, 79, 150-153.
- HUBAULT (E.), 1925. — Contribution à la biologie du genre *Medetera* Fischer (Diptera : Dolichopodidae). *Arch. Sc. Nat. Zool.*, 8, 10, 133-142.
- IMMS (A.D.), 1957. — A general textbook of entomology. 9^e Ed. Methuen et Co. Ltd. London, 886 pp.
- JOHNSBY (R.L.), NAGEL (W.P.), et RUDINSKY (J.A.), 1965. — The diptera *Medetera aldrichii* Wheeler (Dolichopodidae) and *Lonchaea furnissi* (Lonchaeidae) associated with the Douglas fir beetle in western Oregon and Washington. *Can. Ent.*, 97, 521-527.
- KISHI (Y.), 1969. — A study of the ability of *Medetera* sp. (Diptera : Dolichopodidae) to prey upon the bark and wood boring coleoptera. *Appl. Ent. Zool.*, 4, 4, 177-184.
- KISHI (Y.), 1972. — Ability of *Lonchaea scutellaris* Rondani (Diptera : Lonchaeidae) to prey upon bark weevils and bark beetles. *Kontyû*, 40, 1, 1-6.
- KLINE (L.N.) et RUDINSKY (J.A.), 1964. — Predators and parasites of the Douglas fir beetle, description and identification of the immatures stages. *Tech. Bull. Ore. Agric. Exp. Stn.*, n° 79, 52 pp.
- LIEUTIER (F.), 1978. — Les acariens associés à *Ips typographus* et *Ips sexdentatus* (Coleoptera : Scolytidae) en région parisienne, et les variations de leurs populations au cours du cycle annuel. *Bull. Ecol.*, 9, 4, 307-321.
- NAGEL (W.P.) et FITZGERALD (T.D.), 1975. — *Medetera aldrichii* feeding behaviour and prey consumption (Diptera : Dolichopodidae). *Entomophaga*, 20, 1, 121-127.
- NUORTEVA (M.), 1959. — Untersuchungen über einige den frassbildenden Borkenkäfer lebende *Medetera* - Arten (Diptera : Dolichopodidae). *Ann. Entomol. Fenn.*, 25, 192-210.
- PARENT (O.), 1938. — Diptères Dolichopodidae. Faune de France, Lechevalier Ed. Paris, 720 pp.
- SCHMID (J.M.), 1970. — *Medetera aldrichii* (Diptera : Dolichopodidae) in the Black Hills. I. — Emergence and behaviour of adults. *Can. Ent.*, 102, 6, 705-713.
- SCHMID (J.M.), 1971. — *Medetera aldrichii* (Diptera : Dolichopodidae) in the Black Hills. II. — Biology and densities of the immature stages. *Can. Ent.*, 103, 3, 848-853.
- SEGUY (E.), 1950. — La biologie des Diptères. Lechevalier Ed. Paris, 609 pp.
- STEPHEN (F.M.) et DAHLSTEN (D.L.), 1976. — The arrival sequence of the arthropod complex following attack by *Dendroctonus brevicornis* (Coleoptera : Scolytidae) in Ponderosa pine. *Can. Ent.*, 108, 283-304.
- WILLIAMSON (D.L.), 1971. — Olfactory discernment of prey by *Medetera bistriata* (Diptera : Dolichopodidae). *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 64, 586-589.

DESCRIPTION ET UTILISATION D'UN ENGIN DE RÉCOLTE A PROXIMITÉ DU SÉDIMENT⁽¹⁾

par Michel BHAUD

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

RÉSUMÉ

L'auteur décrit un engin de prélèvement fermant adapté 1) à la récolte du plancton sur la hauteur totale de la colonne d'eau et 2) à la collecte à proximité du sédiment des stades de développement d'individus benthiques, terminant leur vie planctonique ou poursuivant leur développement holobenthique. Les différentes catégories biologiques occupant la zone épibenthique sont précisées pour le groupe des Annélides Polychètes.

SUMMARY

Description and use of an epibenthic closing net. The author describes a new gear with a standard closing net allowing sampling plankton in the whole water column, as well as collecting ontogenic stages of benthic adults which are numerous in the near-bottom zone. For the Polychaeta, the different biological categories that live in the epibenthic zone are defined.

A. — INTRODUCTION

Dans le but de mieux connaître le flux d'énergie transitant en double sens au niveau de l'interface eau-sédiment, nous avons été amenés à construire un engin pouvant prélever à la fois dans la partie superficielle du sédiment et dans la couche d'eau qui la surmonte.

De façon plus précise le prélèvement du plancton par traits horizontaux pose toujours de nombreuses difficultés lors des récoltes à proximité du fond. Cette zone de contact est cependant nécessaire à prospecter pour connaître de façon complète la répartition verticale d'espèces holoplanctoniques et dans ce cas il est obligatoire de contrôler la profon-

deur du filet afin d'éviter qu'il ne touche le fond. Les prélèvements proches du fond ont aussi une autre utilité dans la mesure où ils permettent de recueillir des larves et des individus juvéniles appartenant à des espèces benthiques souvent mal échantillonnées. Ainsi deux raisons amènent à concevoir un filet équipé d'un système de protection contre un éventuel envasement : d'une part compléter les données de répartition verticale des organismes holoplanctoniques, d'autre part recueillir les stades larvaires méroplanctoniques ou les stades juvéniles d'espèces localisées à l'état adulte dans la partie superficielle du sédiment. Dans ce but nous avons cherché à monter les filets utilisés couramment en pleine eau sur un bâti ou un cadre plus ou moins

(1) Travail réalisé avec l'aide du CNEXO dans le cadre du Contrat 76/1497.

conséquent, n'empêchant pas leur fermeture et les protégeant contre une entrée importante de sable ou de vase.

Ce type d'engin a déjà été utilisé pour la récolte de l'hyperbenthos défini par BEYER (1958) comme l'ensemble des animaux vivant au voisinage du fond et constituant la partie supérieure de la communauté benthique. Il désigne par tychobenthos les habitants de cette zone dont l'origine est planctonique et qui se trouvent à proximité du sédiment simplement par accident, et par hekobenthos les animaux qui appartiennent durant la plus grande partie de leur vie à la communauté benthique mais qui la quittent périodiquement. BOYSEN (1974 et 1975 a et b) ne fait pas cette distinction et définit l'hyperbenthos comme la communauté des eaux proches du fond, la proximité du fond étant la zone échantillonnée par le filet épibenthique de BEYER. Plus récemment BESNER (1976, p. 2) réserve à l'hyperbenthos « cette partie de la faune benthique constituée d'animaux de petite taille qui, tout en étant liés au fond d'une façon ou d'une autre possèdent de bonnes capacités nata-toires et peuvent occuper, pendant des périodes et à des distances variables, la couche d'eau immédiatement adjacente au fond ». Enfin GROS (1977) définit le nectobenthos comme l'ensemble des organismes animaux vagiles incluant dans leur biotope l'interface eau-substrat.

Dans le cas présent, notre but n'est pas de mettre en évidence la migration de certaines catégories systématiques benthiques comme l'ont déjà fait ANGER et VALENTIN (1976) ou HESTHAGEN (1970, 1973), mais d'élargir l'échantillonnage des stades de développement. Il semble en effet nécessaire de rechercher, en plus des stades larvaires se trouvant en fin de vie planctonique, les jeunes stades benthiques qui peuvent être aisément récoltés par mise en suspension de la couche superficielle du sédiment. En outre, nous nous sommes intéressés, en l'absence de tout processus artificiel de mise en suspension du sédiment, aux individus adultes et benthiques qui peuvent être récoltés à une certaine distance du sédiment. Ce dernier point qui acquiert une importance considérable lors d'études de colonisation de substrat meuble sera ultérieurement développé.

B. — ÉTUDES ANTÉRIEURES

Nous avons relevé dans le Tableau I un certain nombre de références concernant des appareils travaillant à proximité immédiate du sédiment. Malgré la grande diversité de ces engins nous pouvons les classer en plusieurs catégories selon la nature de la collecte, à prédominance benthique ou planctonique, ou selon le type de propulsion, par traction à partir de la surface ou par plongeur. Un dernier type est à poste fixe et utilise les courants locaux ou l'attrait d'appâts.

C. — DESCRIPTION ET UTILISATION

a) LUGE ADAPTÉE AU FILET JUDAY-BOGOROV (Fig. 1, haut).

Cette luge n'est signalée ici que pour le système de fermeture. Compte tenu de la taille du filet, de sa forme biconique nécessitant un support conséquent, la luge prend nécessairement une grande importance qui ne favorise pas son utilisation à partir d'un bateau de petite taille. Ce filet biconique atteint 260 cm de longueur ; le diamètre d'ouverture est de 50 cm ; la partie la plus large de 75 cm de diamètre et située à 65 cm de l'ouverture, doit être maintenue tendue par un cadre ; le bâti imposant oblige à changer le mode de fermeture par étranglement.

Ce filet Juday-Bogorov qui avait été proposé comme filet standard à l'Assemblée Plénière de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer méditerranée, par TREGOUBOFF (1961), a bientôt été remplacé par le filet de type WP2 (Anonyme, 1968) proposé comme filet international. Aussi le précédent modèle de luge a rapidement été délaissé pour un autre beaucoup plus maniable et maintenant couramment employé.

TABLEAU I

Revue bibliographique des différents procédés de récolte des animaux à proximité du sédiment.

Références	Dominance : B : benthos P : plancton	Ouverture et fermeture : absente (0) ; à simple (+) ou double (++) effet	Description sommaire
MORTENSEN, 1925	B	O	Filet à ouverture rectangulaire (50 x 35 cm) enfoncement évité par 2 plaques métalliques recourbées intérieurement protégeant l'essentiel du filet ; une traverse métallique disposée à faible distance de l'ouverture pour mettre en suspension le sédiment
RIEDL, 1955	B	+	Luge fermante à symétrie dorso-ventrale, munie d'un compteur de distance et de 2 lames transversales dont l'angle d'incidence peut être réglé ; largeur du balayage : 40 cm.
TONOLLI, 1962	B	O	1) "Raccogliitore ruotante" : corps de filtration cylindrique entouré de 3 ailes métalliques disposées en spirale ; l'appareil retient des organismes benthiques de petite taille mis en suspension par agitation du sédiment.
	B	O	2) "rete a slitta" luge proche du type d'Ockelman ; l'ouverture est protégée par une série de barreaux métalliques disposés verticalement.
OCKELMAN, 1964	B	O	Modification du modèle précédent par la présence de 2 patins complets qui ne rompent pas la symétrie dorso-ventrale ; chaîne à 60 cm en amont de l'ouverture.
AGASSIZ (cf. HOLME, 1964).	B	O	"Agassiz trawl" : chalut à double perche, ouverture métallique avec patins latéraux.
SANDERS et al., 1965	B	O	Drague ancreuse : symétrie "dorso-ventrale" ; cadre métallique antérieur avec une paire de couteaux et une grande surface plane précédent l'ouverture
HESSLER et SANDERS 1967.	B	O	Luge épibenthique à symétrie dorso-ventrale de 2,3 m de long, maille 1 mm ; 2 patins latéraux très larges ; utilisation en grande profondeur (auteurs cités) mais aussi en province néritique (GAGE, 1975).
CLARKE, 1972	B	O	Drague arctique : armature très développée pour récolte en zone rocheuse ; ouverture avec barres verticales empêchant la pénétration des blocs ; filtres métalliques disposés en longueur ; collecteur terminal.
FROLANDER et PRATT, 1962.	B	++	Écrémeuse de fond ; bâti métallique pourvu de 2 patins et supportant un filet Clarke-Bumpus.
LACROIX et BERGERON, 1962	PB	O	Echantillonneur à plancton hyperbenthique, filet de 1 mm de vide de maille protégé par 2 grands arceaux.
MACER, 1967	PB	++	Présence d'un dépresseur ; système ouvrant-fermant dépendant du contact avec le fond ; mis au point pour étudier la nutrition des Pleuronectidae ; 1 filet : L = 107 cm, H = 38 cm, l = 46 cm.
POIRIER et col., 1969 BESNER, 1976	PB	++	MACER-GIROQ : 2 filets superposés ; ouverture-fermeture dépendant du contact avec le fond.

Références	Dominance : B : benthos P : plancton	Ouverture et fermeture : absente (0) ; à simple (+) ou double (++) effet	Description sommaire
BIERI et TOKIOKA, 1968	PB	++	Dragonnet II : ouvrant-fermant ; prise d'eau ; mesureur du débit, caméra automatique, indicateur de distance ; 90 cm x 160 cm ; 2 ou 3 filets superposés.
BOSSANYI, 1951, 1957	P	++	Ouverture-fermeture dépendant du contact sur le fond, section du filet rectangulaire ; filet : cône de 4 sections ; 2 bras métalliques transversaux sont amenés en position parallèle au corps de la luge par frottement de leur extrémité sur le fond ; protection inférieure du filet par une grille métallique.
GREZE, 1951	P	+	Luge dissymétrique ; compteur de distance ; une plaque antérieure inclinée provoque une onde frontale mettant le sédiment en suspension qui pénètre dans la poche par un orifice de la plaque antérieure. Fermeture après parcours d'une distance fixe.
ISAAC et KIDDS, 1953	P	O	"High-speed diving dredge". Poche de chalut montée sur armature à 2 patins ; plaque métallique incurvée en pelle et inclinée sur la face inférieure de l'ouverture.
WICKSTEAD, 1953.	P	++	Filet à plancton monté sur un bâti métallique. Système ouverture-fermeture basé sur la force de l'eau sur une surface verticale inférieure, perpendiculaire au déplacement. Filet 20 cm au-dessus du sédiment.
BEYER (BIGGERSTAFF 1960 et HOLME, 1964)	P	+	Filet fermant "épibenthic", asymétrique, de 50 cm d'ouverture monté horizontalement sur un bâti métallique ; vide de maille variable ; sole horizontale et 2 arceaux transversaux.
SENTZ-BRACONNOT, 1967	P	O	Filet à plancton monté sur armature sans patin, traction par l'intermédiaire d'un ovale pivotant autour d'un axe horizontal ; destiné à la récolte d'animaux semi planctoniques à proximité des herbiers de posidonies.
OMORI, 1969	P	+	Fermeture après la pêche ; section rectangulaire 70 x 70 cm ; distance minimum du filet au sédiment : 30 cm ; maillage 200 µ.
RANNOU et NOUGIER 1974	P	+	Filet à plancton, 50 cm de diamètre d'ouverture, maille 1 mm. descente en position inversée ; pêche à 1 m du fond fermeture du volet par brouillon explosif programme.
FAGER et col., 1966	P	O	Juxtaposition verticale de 4 filets sur une hauteur de 1 m ; ensemble poussé par un plongeur ; longueur de trait standardisée par une bobine se déroulant après la libération du lest.
KRITZLER et EIDEMILLER, 1972	B	++	Drague épibenthique, contrôlée par un plongeur solidaire d'un bateau tracteur.
POTTS, 1976	PB	+	Filet à plancton solidaire d'un système de propulsion ; ensemble autonome sous le contrôle d'un plongeur.
VAISSIERE et FALCONETTI, 1975 ; FALCONETTI, 1975 FALCONETTI et SEGUIN, 1977.	P	O	Filet en poste fixe à proximité du fond, dans une zone à fort courant, maintenu en position par un lest et un ballon ; la couche d'eau intéressée se situe entre 30 à 50 cm au-dessus du fond.

b) LUGE ADAPTÉE AU FILET WP2 (Fig. 1, bas).

Le modèle de filet à plancton, le plus largement utilisé a été élaboré par le groupe de travail n° 2 réuni à l'initiative du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, du « Scientific Committee on Oceanic Research » et de l'UNESCO. Ce filet est monté sur une luge constituée par un simple cercle, d'un diamètre égal à celui du filet, reposant latéralement sur 2 skis par l'intermédiaire de 2 plaques solitaires de chaque ski et dont le chevauchement plus ou moins grand permet de régler la hauteur de l'ouverture. Contrairement au filet de BEYER, aucun plan incliné pouvant modifier les caractéristiques de filtration n'est prévu à proximité de l'ouverture.

Tel qu'il est conçu cet engin nécessite le déroulement d'une longueur de câble très grande pour être certain qu'il atteigne bien le fond. Pour éviter cet inconvénient nous avons placé des lests sur les patins. Le poids de l'ensemble atteint 30 kg hors de l'eau. Lors de la remontée, et compte tenu du système de fermeture du filet WP2, la traction s'exerce sur le tissu et la toile. Il est donc nécessaire d'apporter quelques modifications au système original. 1) La corde d'étranglement passe par un anneau solidaire du cercle d'ouverture, au point le plus haut, 2) une cheville placée sur cette corde en avant du nœud coulant est arrêtée par l'anneau précédent, 3) pour que la fermeture du filet soit effective, la toile portant les anneaux d'étranglement doit être reculée et placée à la limite des parties cylindrique et conique. Lors de la remontée, la traction se fait donc au niveau du cercle d'ouverture et le filet ne supporte plus le poids de l'armature et du lest. Le système de fermeture est à simple effet c'est-à-dire que la luge descend ouverte et se ferme avant la remontée. Bien que les déclencheurs utilisés permettent la descente en position fermée nous n'avons pas jugé utile d'adopter ce système et les tests effectués indiquent l'absence de contamination dans des conditions d'utilisation en profondeur inférieure à 100 m. Une difficulté cependant reste liée à l'emploi de cet engin. Compte tenu de la présence du cercle d'ouverture,

l'efficacité du balayage diminue en s'éloignant du point le plus bas de l'ouverture du filet (Fig. 2, haut). Pour supprimer cet inconvénient nous avons réalisé une armature carrée de même section que l'entrée du filet ($1/4 \text{ m}^2$). Ainsi pour les animaux provenant du sédiment, la largeur du balayage est de 50 cm (Fig. 2, bas).

c) UTILISATION EN MER.

Deux problèmes sont à résoudre lorsque la luge est immergée. Il est nécessaire de connaître la longueur optimale de câble afin que le messenger assure bien la fermeture. De plus, à l'avant des patins il est nécessaire de choisir le meilleur système de mise en suspension du sédiment.

Pour ajuster la longueur de câble, nous utilisons un enregistreur de profondeur solidaire de la luge. Le câble est déroulé par étapes provoquant l'apparition de paliers sur le disque d'enregistrement. Lorsque le déroulement du câble ne s'accompagne pas d'un gain de profondeur, la longueur de câble est correcte. Il n'est pas nécessaire de renouveler cet étalonnage lorsque les conditions de travail restent constantes.

Nous avons testé plusieurs moyens pour mettre en suspension le sédiment : d'une part une chaîne disposée entre l'extrémité antérieure des deux skis, d'autre part une lame plus ou moins inclinée, comme celle d'un rabot, placée au même endroit. Ce dernier procédé s'avère en définitive trop efficace et le tri ultérieur devient très difficile. Pour récolter un maximum d'animaux ainsi mis en suspension et un minimum de sédiment, plusieurs tailles de maillage de soies peuvent être utilisées. Nous avons testé 3 vides de maille : 180 μ , 400 μ et 1 000 μ (Tableau II). Il apparaît ainsi que pour un maillage donné la quantité de sédiment récolté dépend en premier lieu de la position de la luge sur les patins ; de plus pour une position donnée, le volume de sédiment est d'autant plus important que le maillage est fin. La position du filet par rapport à la surface du sédiment joue aussi un rôle sur la nature de la récolte et une légère

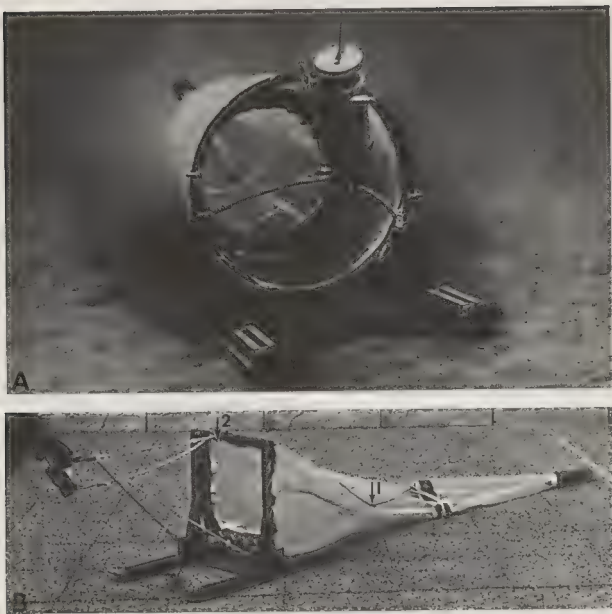


FIG. 2. — Haut : Photographie sous-marine d'une luge à ouverture circulaire en cours de fonctionnement par 15 m de profondeur. Bas : Modèle de luge à ouverture carrée. Dans les deux cas le filet est du type Wp2, avec cependant une légère augmentation du périmètre d'ouverture dans le second modèle pour conserver une surface d'entrée de 1 m². Sur la photographie inférieure on peut observer le système d'arrêt (flèche 1) disposé sur la corde d'étranglement, qui vient buter sur l'anneau solide du cadre d'ouverture au point le plus haut (flèche 2).

modification de l'appareillage peut entraîner une récolte bien différente autant sur le plan quantitatif que qualitatif (Tableau III). Ainsi il est possible de

récolter de façon sélective soit des animaux nettement planctoniques et de préciser les modifications de répartition au voisinage du sédiment, soit des

TABLEAU II

Influence de la position de la luge et du maillage du filet sur la quantité de sédiment récolté (juin 1976 ; fonds sablo-vaseux ; 35 m).

A — Influence de la position	Filet 180 μ + chaîne		
	Position basse	Position intermédiaire	Position haute
Appareillage			
Volume de sédiment recueilli (cc)	290	40	10

B — Influence du maillage	Position intermédiaire + chaîne		
	180 μ	400 μ	1 000 μ
Appareillage			
Volume du sédiment recueilli (cc)	40	20	8

animaux adultes benthiques vivant dans la partie la plus superficielle du sédiment, soit des catégories intermédiaires : larves benthiques d'espèces holo-

TABLEAU III

Influence de la position du filet sur la nature de la récolte (filets de 180 μ ; juin 1976 ; fonds sablo-vaseux ; 35m). La mesure du recrutement en individus benthiques varie ainsi de 1 à 30, alors que la différence de hauteur séparant la partie inférieure du filet du plan des patins est seulement de 12 cm.

Catégorie systématique	Position basse avec chaîne	Position moyenne avec chaîne	Position haute avec chaîne
Annélides juvéniles	400	260	12
Ophiures juvéniles	200	50	8
Larves poissons	40	25	3
Gammaridae	370	240	0
Caprellidae	120	40	0
Cumacea	25	5	0
Oithonidae	8 000	14 600	23 000
Oncacidae	3 700	21 700	25 600
Centropagidae	1 400	8 100	17 400
Acartidae	1 100	4 000	3 800
Calanoidae	4 000	17 400	14 000

benthiques ou stades jeunes benthiques appartenant à une espèce ayant un cycle de vie méroplanctonique. Enfin, le Tableau IV montre qu'une faible différence dans la technique du prélèvement, portant par exemple sur la longueur de câble ou la vitesse de traction, entraîne un écart important dans le nombre de larves récoltées.

TABLEAU IV

Nombre d'individus récoltés appartenant à deux espèces bien représentées. Au cours des pêches, la différence entre les 2 niveaux prospectés est la plus faible pour *Poecilochaetus serpens*. Ceci provient de la possibilité, pour de jeunes individus métamorphosés et benthiques, de quitter provisoirement le sédiment en nageant par mouvements ondulatoires du corps. Chez *Janice conchilega*, tubicole, cette possibilité n'existe pas (mai 1977 ; 35 m, baie de Banyuls).

	A1	A2	B1	B2	C1	C2
<i>Poecilochaetus serpens</i>	60	140	120	300	80	210
<i>Janice conchilega</i>	90	840	210	650	220	980
1 : luge à proximité du fond, sans qu'il soit possible d'apprécier la distance exacte entre le filet et le fond, vraisemblablement de l'ordre du mètre.						
2 : luge au contact du sédiment.						

d) REMARQUES MÉTHODOLOGIQUES.

La luge à plancton peut être utilisée de deux façons. La recherche des stades de développement d'organismes benthiques nécessite un prélèvement épibenthique qui peut être complété par un prélèvement de surface pour recueillir les trochophores. Par contre, l'échantillonnage complet de la colonne d'eau nécessite un trait oblique. Il semble possible en un seul prélèvement de concilier les 2 types de recherche. Mais, une fois réalisé un prélèvement oblique, la comparaison numérique peut difficilement être établie entre organismes vivant à proximité du fond et d'autres ayant une hauteur de répartition plus large. D'une part la durée de pêche n'est pas la même ; d'autre part pour des animaux planctoniques

vivant dans les 3 dimensions, la référence à un volume ne pose aucune difficulté et les prélèvements près du fond sont strictement comparables à d'autres effectués à plus grande distance ; par contre pour des individus originaires de la partie superficielle du sédiment, vivant donc dans 2 dimensions, leur nombre ne peut être rapporté à un volume.

Ainsi au cours d'une série de prélèvements obliques effectués chaque mois, pendant une année, dans la région de Port-la-Nouvelle, nous avons rapporté (BHAUD, 1977) toutes les catégories systématiques rencontrées à un volume d'eau filtré de 50 m³. Mais aucune conclusion ne peut être tirée concernant l'abondance relative des larves de *Nephtys* ou de *Janice* d'une part et celles de catégories beaucoup plus liées au sédiment. En effet, pour ces dernières il est nécessaire de préciser que la luge à plancton échantillonne leur zone de présence, c'est-à-dire la proximité du sédiment, seulement pendant une fraction proche du cinquième de la durée totale de pêche. Il est alors nécessaire de rapporter le nombre d'individus à une longueur de trait voisine de 60 m, ou en tenant compte d'une largeur de balayage efficace de 0,25 m, à une surface de 15 m². Ainsi prenant le cas des Opheliidae et plus précisément de l'espèce *Ammotrypane aulogaster* l'époque la plus riche correspond à 8 individus/m².

Dans les mêmes conditions et toujours pour la région de Port-la-Nouvelle, des prélèvements fermants sont réalisés à proximité du fond avec le même engin muni d'une chaîne. Dans ce cas le nombre total d'Opheliidae récoltés est proche de 30 000 pour un parcours de 300 m. La largeur du balayage étant proche de 0,25 m, la densité par m² est alors de 400 individus.

Une troisième méthode de prélèvement met en jeu la benne Smith-McIntyre. Pour 5 coups de benne réalisés à la même époque que les prélèvements précédents, le nombre d'Annélides de la même catégorie est de : 25, 15, 45, 15 et 40 ce qui correspond à une moyenne proche de 300 individus/m². Précisons que dans ce cas le tamisage s'effectue sur maille de 400 µ alors que pour isoler le macrobenthos c'est le plus souvent un maillage de 1 ou 2 mm

qui est employé. Cela explique que GUILLE (1970) signale l'espèce *Ammotrypane aulogaster* comme rare dans la communauté des vases à *Nucula sulcata*.

En dehors du fait que « le principe directeur des recherches sous-marines doit être la multiplicité des types d'instruments à l'intérieur d'un même territoire de recherche, cette nécessité paraissant tout spécialement évidente en ce qui concerne la vase marine » (NYHOLM, 1952, p. 158), plusieurs enseignements sont à retirer de cette comparaison. L'échantillonnage simultané de différentes catégories biologiques conduit à des erreurs quantitatives importantes, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible d'échantillonner convenablement des animaux à localisation trop disséminable. Mais pour ceux qui se trouvent dans la partie superficielle du sédiment, les prélèvements limités à l'interface fournissent une bonne évaluation quantitative en ce sens qu'elle est proche des données acquises par prélèvements ponctuels.

D. — CATÉGORIES BIOLOGIQUES RENCONTRÉES

Il est intéressant de remarquer que les animaux qui fréquentent la proximité du sédiment peuvent être classés en plusieurs catégories. Nous en reconnaissons 4 pour les Annélides Polychètes, en tenant compte uniquement des prélèvements effectués sans mise en suspension artificielle du sédiment.

1) Jeunes stades benthiques d'espèces à cycle de vie holobenthique.

Flabelligeridae : *Diplocirrus glaucus*, les jeunes individus ont une forme de pupe bien caractéristique. Le nombre de segments ne dépasse pas 10. Le corps est couvert de papilles agglutinant de fins fragments de sédiment. Les soies du premier sétigère sont dirigées en avant, toujours en nombre limité ne dépassant pas 3. Quelques individus plus âgés montrent

la séparation du corps en 2 parties : renflement antérieur et partie postérieure moniliforme. La répartition dans le temps est donnée par le tableau V.

TABLEAU V

Diplocirrus glaucus, nombre d'individus récoltés au cours d'un cycle de prélèvement de 12 mois au large de Port-la-Nouvelle. Les résultats acquis aux 10 stations prospectées chaque mois ont été groupés. Malgré le nombre réduit d'individus observés, il apparaît nettement que la présence des jeunes est estivale.

Mois	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Nombre	18	6	9	0	0	0	0	0	0	3	22	35

Sphaerodoridae : *Sphaerodoropsis* sp. Ces individus sont récoltés pendant les mois de février, mars dus sont récoltés pendant les mois de février, mars et avril, et déterminés génétiquement à partir de la révision de FAUCHALD, 1974.

2) *Jeunes stades benthiques d'espèces à phase planctonique courte.*

Ophelidae : *Ammotrypane aulogaster* (1). Il est à noter que cette espèce à distribution géographique relativement boréale se trouve en Méditerranée proche de sa limite méridionale. Parallèlement la limite supérieure de répartition bathymétrique est proche de 30-35 m ; c'est aussi la limite inférieure du réchauffement estival.

3) *Jeunes stades benthiques d'espèces à cycles de vie plancto-benthique.*

Amphitidenidae : *Pectinaria koreni*. Les jeunes stades benthiques de cette espèce ont déjà été étudiés par VOVELLE (1973). Il est à noter que nos exemplaires présentent entièrement la partie primordiale du tube. Les individus occupant des tubes de 1 200 µ de long ont déjà acquis leur constitution spécifique en particulier pour ce qui concerne le nombre de segments sétigères et uncinigères qui est respectivement de 15 et de 12 chez *P. koreni*.

Spionidae : *Microspio atlantica* (1). C'est la première signalisation de cette espèce pour notre région. Elle est souvent rencontrée en période hivernale, à l'état larvaire planctonique dans la baie de Banyuls. L'identification est confirmée, en dehors des élevages, par la description morphologique de HANNERZ (1956).

4) *Stades adultes benthiques d'espèces mal fixées au substrat.*

Sabellidae : *Oridia armandi*. Les adultes sont de petite taille (2 à 3 mm) et FAUVEL (1927) indique qu'ils vivent dans des « tubes muqueux transitoires que l'animal abandonne pour nager ou ramper librement ». Il n'est pas surprenant que ces animaux soient récoltés fréquemment à proximité du sédiment.

Sternaspidae : *Sternaspis scutata*. Compte tenu du nombre relativement important et constant d'individus récoltés, il est vraisemblable que ces animaux ne pénètrent jamais profondément dans le sédiment. Les animaux capturés sont des adultes, certes de taille réduite mais pouvant atteindre cependant 6-8 mm de largeur. Une telle disposition par rapport au substrat est sans doute en relation avec la présence de branchies filiformes nécessairement disposées à proximité de l'interface eau-sédiment.

Syllidae : *Grubea clavata*, *Sphaerosyllis piriifera*, récoltés à faible profondeur. Deux raisons expliquent leur présence au-dessus du sédiment : d'une part la mise en suspension par l'hydrodynamisme, d'autre part la possibilité de nage des adultes mûrs, confirmées par la présence de soies natatoires. De telles récoltes s'étendent de juin à novembre.

Enfin nous ajoutons une cinquième catégorie qui ne concerne plus les Annélides Polychètes. Il s'agit de stades planctoniques d'individus appartenant au necton à l'état adulte. Ce sont des Céphalopodes : *Myopsida* et *Oegopsida*.

(1) Les données morphologiques et numériques concernant cette espèce seront exposées ultérieurement.

A partir de cette courte revue, il apparaît que l'on ne peut mettre en évidence une faune exclusive de cette zone particulière. Les animaux récoltés appartiennent fondamentalement soit au plancton et correspondent au tychobenthos, soit au benthos et constituent l'hekobenthos. Cependant, si on tient compte de l'âge des individus, il n'en est pas de même. Ainsi pour ce qui concerne les larves se trouvant en fin de vie pélagique, les possibilités de nage sont extrêmement réduites, la fixation n'est pas encore réalisée et c'est bien à proximité du sédiment qu'il faut rechercher de tels stades.

E. — CONCLUSION

L'avantage principal de l'engin venant d'être présenté est de permettre un échantillonnage complet de la colonne d'eau, depuis le sédiment jusqu'en surface. Le plus souvent, l'échantillonnage est effectué par trait horizontal à un niveau intermédiaire. Or il est bien connu que pour éviter tout risque d'envasement du filet, le manipulateur a tendance à réduire la longueur de câble. Cependant au niveau du fond une très forte accumulation de stades larvaires proches de la métamorphose est souvent observée (MACER, 1967). Une amélioration importante est alors apportée si le filet peut descendre au contact immédiat du sédiment. De même il est bien connu (ZAITZEV, 1968 ; CHAMPALBERT, 1968) que les premiers centimètres d'eau renferment plus de larves que les niveaux inférieurs. L'engin présenté constitue alors une nette amélioration d'autant plus qu'il peut être utilisé pour prospecter soit un niveau particulier en pêche horizontale soit une coupe verticale complète, par prélèvement oblique.

Cet appareil récolte aussi les formes jeunes non nageuses, ce qui permet d'acquérir des données sur les époques de reproduction et sur le recrutement au niveau du sédiment. De plus, pour ce qui concerne les stades de développement planctoniques, par rapport aux données classiques généralement acquises à l'aide de filets conventionnels, l'utilisation d'un

tel appareil permet d'apprécier la quantité de larves réellement présentes dans le secteur prospecté. Enfin à partir des récoltes n'utilisant aucun moyen artificiel de mise en suspension, il apparaît qu'à proximité du sédiment circulent, pour des causes variées, de nombreux individus non planctoniques qui vivent normalement dans le sédiment ou à sa surface ; ils se rattachent à des stades ontogéniques divers : larves, juvéniles ou adultes.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGER (K.) et VALENTIN (C.), 1976. — In situ studies on the diurnal activity pattern of *Diastylis rathkei* (Cumacea Crustacea) and its importance for the « hyperbenthos ». *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, **28**, 138-144.
- ANONYME, 1968. — Monographs on oceanographic methodology. 2. Zooplankton sampling. *UNESCO, Paris*, 174 pp.
- BESNER (M.), 1976. — Le traineau hyperbenthique Macer-Giroq : adaptation pour l'échantillonnage quantitatif étagé de la petite faune nageuse au voisinage du fond. *Mémoire de maîtrise en Sciences biologiques, Univ. Montréal, Partie I*, 1-46.
- BEYER (F.), 1958. — A new, bottom-living Trachymedusa from the Oslo-fjord. *Nytt Mag. Zool.*, **6**, 121-143.
- BHAUD (M.), 1977. — Ecologie pélagique et benthique de la région de Port-la-Nouvelle (Golfe du Lion). 2 A : Métoplankton, 32 p. Rapport du Laboratoire Arago sur contrat CNEOS 75/1196.
- BIERI (R.) et TOKIOKA, (T.), 1968. — Dragonnet II, an opening-closing quantitative trawl for the study of micro-vertical distribution of zooplankton and meioepibenthos. *Bull. Seto mar. biol. Lab.*, **15** (5), 373-390.
- BIGGERSTAFF (M.), 1960. — Hands across the sea. *Sea Front.*, **6**, 195-197.
- BOSSANYI (J.), 1951. — An apparatus for the collection of plankton in the immediate vicinity of the seabottom. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **30**, 171-260.
- BOSSANYI (J.), 1957. — A preliminary survey of the small natant fauna in the vicinity of the sea floor off Blyth, Northumberland. *J. Anim. Ecol.*, **26**, 353-368.
- BOYSEN (H.O.), 1974. — Quantitative Untersuchungen am Hyperbenthos der Kieler Bucht. *Rep. Sonderforschungsbereich*, 95 Univ. Kiel, **2**, 1-204.

- BOYSEN (H.O.), 1975 a. — Seasonal variations in abundance of hyperbenthic animals in the Kiel Bight. *Merentutkimuslait. Julk.*, **239**, 206-212.
- BOYSEN (H.O.), 1975 b. — Das hyperbenthos in der Kieler Bucht. Zusammensetzung, Jahresgang und verbreitung. *Ber. dt. wiss. Kommn Meeresforsch.*, **24**, 151-171.
- CHAMPALBERT (G.), 1968. — L'hyponeuston dans le golfe de Marseille. *Téthys*, **1**, 585-666.
- CLARKE (A.H.), 1972. — The arctic dredge, a benthic biological sampler for mixed boulder and mud substrates. *J. Fish. Res. Bd Can.*, **29** (10), 1503-1505.
- FAGER (E.W.), FLECHSIG (A.O.), FORD (R.F.), CLUTTER (R.I.), and GHELARDI (R.J.), 1966. — Equipment for use in ecological studies using Scuba. *Limnol. Oceanogr.*, **11**, 503-509.
- FALCONETTI (C.), 1975. — Etude à proximité du fond du comportement d'un prototype de filet à plancton à orientation variable. *Rapp. p.-v. Réunion Comm. int. Explor. scient. Mer Méditerran.*, **23** (2), 149-151.
- FALCONETTI (C.) et SEGUN (G.), 1977. — Sur une méthode d'utilisation d'un laboratoire sous-marin pour la récolte du zooplancton au voisinage du fond. *Bull. Ecol.*, **8** (2), 183-190.
- FAUCHALD (K.), 1974. — Sphaerodoridae (Polychaeta : Errantia) from world-wide areas. *J. nat. Hist.*, **8**, 257-289.
- FAUVEL (P.), 1927. — Faune de France vol. 16. Polychètes sédentaires, 1-494.
- FROLANDER et PRATT, 1962. — A bottom skimmer. *Limnol. Oceanogr.*, **7** (1), 104-106.
- GAGE (J.D.), 1975. — A comparison of the deep-sea epibenthic Sledge and anchor-box dredge samplers with the van Veen grab and hand coring by diver. *Deep Sea Res.*, **22**, 699-702.
- GREZE (V.N.), 1951. — Le plancton benthique, son rôle dans la nourriture des poissons; méthodes de dénombrement. *Zool. Zh.*, **30**, 44-50.
- GROS (P.), 1977. — Le necrobenthos de la grande vasière: définition, technique d'étude. *J. Rech. océanogr.*, **2** (1), 32-33.
- GUERIN (J.P.), 1977. — La vie larvaire chez les Annélides Polychètes et les Mollusques (Bivalves et Gastéropodes). Etude écophysiologique et expérimentale. *Thèse doct. Etat, Univ. Aix-Marseille II*, AO CNRS 3221, 1-240.
- GUILLE (A.), 1970. — Bionomie benthique du Plateau continental de la côte catalane française. II. Les communautés de la macrofaune. *Vie Milieu*, **21** (1 B), 149-280.
- HANNERZ (L.), 1956. — Larval development of the Polychaete families Spionidae Sars, Disomidae Mesnil and Poecilochaetidae, N. Fam. in the Gullmar Fjord Sweden. *Zool. Bidr. Upps.*, **31**, 1-204.
- HESSLER (R.R.) et SANDERS (H.L.), 1967. — Faunal diversity in the deep-sea. *Deep Sea Res.*, **14**, 65-78.
- HESTHAGEN (I.H.), 1970. — On the near-bottom plankton and benthic invertebrate fauna of the Josephine Seamount and the Great Meteor Seamount. "Meteor" *Forsch.-Ergeb.*, (D) **8**, 61-70.
- HESTHAGEN (I.H.), 1973. — Diurnal and seasonal variations in the near bottom fauna — the hyperbenthos — in one of the deeper channels of the Kieler Bucht (Western Baltic). *Kieler Meeresforsch.*, **29** (2), 116-140.
- HOLME (N.A.), 1964. — Methods of sampling the benthos. *Adv. mar. Biol.*, **2**, 171-260.
- ISACC (J.D.) et KIMMS (L.W.), 1953. — High-Speed diving dredge. Scripps Institution of Oceanography, Réf. 53.37. *Oceanogr. Equip. Rep.*, n° 4, 1-7.
- KRITZLER (H.) EIDEMILLER (A.), 1972. — A diver-monitored dredge for sampling motile epibenthos. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **52**, 553-556.
- LACROIX (G.) et BERGERON (I.), 1962. — Liste préliminaire des Invertébrés du banc de Bradelle. *Rapp. ann. Stat. Biol. mar. Grande Rivière*, 59-67.
- LAUBIER (L.) et PARIS (J.), 1962. — Faune marine des Pyrénées-Orientales. 4: Annélides Polychètes. Hermann éd. Paris, 82 pp.
- MACER (C.T.), 1967. — A new bottom-plankton sampler. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, **31** (2), 158-163.
- MORTENSEN (T.), 1925. — An apparatus for catching the microfauna of the sea bottom. *Vidensk. Medd. dansk naturh. Foren.*, **80**, 445-451.
- NYHOLM (K.G.), 1952. — Points de vue sur les recherches concernant la faune des sédiments marins. Océanographie Méditerranéenne. Journées d'études du Laboratoire Arago, mai 1951. Suppl. n° 2 à *Vie et Milieu*, p. 157-164.
- OCKELMAN (K.W.), 1964. — An improved detritus-sledge for collecting meiobenthos. *Ophelia*, **1**, 217-222.
- OMORI (M.), 1969. — A bottom-net to collect zooplankton living close to the sea-floor. *J. oceanogr. Soc. Japan*, **25**, 291-294.
- POIRIER (L.) et coll., 1969. — Pêches hyperbenthiques et planctoniques quantitatives à l'entrée de la baie des Chaleurs: protocole et méthodes en 1968. *Rapp. ann. Sta. Biol. mar. Grande Rivière*, 47-57.

- POTTS (G.W.), 1976. — A diver-controlled plankton net. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **56**, 959-962.
- RAMOS (J.), 1973. — Annélides Polychètes du plateau continental de la côte catalane espagnole. Thèse doct. Univ. Paris VI. Tome II : Etude écologique et biogéographique : 1-50.
- RANNOU (M.) et NOUGIER (J.), 1975. — Commande programmée pour la fermeture d'un filet à plancton à grande profondeur. Publ. n° 16. Labo. Hydrobiologie, U.S.T.L. Montpellier, 1-7.
- RIEDL VON (R.), 1955. — Aufsammlung tiefer Meeresboden in abgegrenzten Schichten und Flächen. *Arch. Hydrobiol.*, **51** (2), 189-208.
- SANDERS (H.L.), HESSLER (R.R.) et HAMPSON (G.R.), 1965. — An introduction to the study of deep-sea benthic faunal assemblages along the Gay Head-Bermuda transect. *Deep Sea Res.*, **12**, 845-867.
- SENTZ-BRACONNOT (F.), 1967. — Sur un filet permettant la récolte des animaux semi-planctoniques des herbiers de Posidonies. *Vie Milieu*, **18** (2 B), 453-455.
- TONOLLI (V.), 1962. — Nuovi strumenti per la raccolta e la separazione dei popolamenti bentonici. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, **32**, 20-29.
- TREGOUBOFF (G.), 1961. — Rapport du Président sur l'activité du Comité du Plancton pendant la XVII^e Assemblée Plénière. *Rapp. P.-v. Commn. int. Explor. scient. Mer Méditerran.*, **16** (2), 69-89.
- VAISSIÈRE (R.) et FALCONETTI (C.), 1975. — Prototype d'un filet pour la capture du plancton à proximité du fond. *Rapp. P.-v. Réunion. Commn. int. Explor. scient. Mer Méditerran.*, **23** (2), 153-154.
- VOVELLE (J.), 1973. — Evolution de la taille des grains du tube arénacé en fonction de la croissance chez *Pectinaria* (Lagis) *Koreni* Malmgren (Polychète sédentaire). *Ophelia*, **10** (2), 169-184.
- WICKSTEAD (J.), 1953. — A new apparatus for the collection of bottom plankton. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **32**, 347-355.
- ZAITZEV (J.P.), 1968. — La néustologie marine : objets, méthodes, réalisations principales et problèmes. *Pelagos*, **8**, 1-47.

INTERCEPTION DES PRÉCIPITATIONS ET APPORT AU SOL D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX PAR LES EAUX DE PLUIE ET LES PLUVIOLESSIVATS DANS QUELQUES LANDES ARMORICAINES*

par Françoise FORGEARD, Jean-Claude GLOAGUEN et Jean TOUFFET

*Laboratoire d'Ecologie végétale, Université de Rennes,
Complexe scientifique de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex
(E.R.A. C.N.R.S. n° 798 ; Ecologie des landes)*

RÉSUMÉ

L'interception des précipitations par la végétation et l'apport d'éléments minéraux au sol par les eaux de pluie incidentes et les pluviolessivats ont été suivis pendant 3 années consécutives dans 4 stations (sol nu, lande sèche rase, lande mésophile et lande haute) d'une part à Fréhel et d'autre part à Paimpont.

L'interception de la pluie par la végétation varie de 30 % à 60 % selon le type de lande. Ce pourcentage augmente avec la biomasse végétale aérienne.

Les apports moyens d'éléments minéraux par les eaux de pluie incidentes sont respectivement de 52 et 190 kg/ha/an à Paimpont et à Fréhel ; ils atteignent de 105 à 127 et de 242 à 290 kg/ha/an dans les eaux de pluviolessivage sous les landes hautes de ces mêmes localités.

SUMMARY

The interception of precipitation and the supply to the soil of nutrients by rainfall and leachage to some Brittany heathlands.

The interception of precipitation by the vegetation and the supply of nutrients by rainfall and leachage were compiled three years along for four stations (without any vegetation, under a short dry land community, under a mesic heathland and under an upper land) at Fréhel for one part and at Paimpont for the other part.

The interception of precipitation by the stand varies from 30 % to 60 % according to the type of heathland. This percentage increase with the above ground biomass.

The mean inputs of nutrients by rainfall are respectively of 52 and 190 kg/ha/yr at Paimpont and at Fréhel, they reach from 105 to 127 and from 242 to 290 kg/ha/yr in leachage under upper lands of these same localities.

(*) Ces travaux commencés grâce à une action concertée D.G.R.S.T. (Groupe d'Etudes des Landes Armorcaines) se poursuivent actuellement dans le cadre de l'E.R.A. n° 798 : Ecologie des Landes.

INTRODUCTION

Dans le cadre des études entreprises sur le cycle des éléments minéraux des écosystèmes terrestres, l'interception des précipitations par le couvert végétal (1) a déjà fait l'objet de nombreux travaux.

Ces recherches concernent surtout des peuplements forestiers : forêt mixte de *Quercus petraea*, *Betula pubescens*, *Fraxinus excelsior* et *Acer pseudoplatanus* (WHITE et CARLISTE, 1968); forêts de *Quercus petraea* (CARLISTE, BROWN et WHITE, 1965); *Quercus-Carpinetum* (CZARNOWSKI et OLSZEWSKI, 1970); peuplements de *Pinus taeda* (HOOVER, 1953), de *Picea sitchensis* (LAW, 1957), de *Juniperus osteosperma* et *J. deppeana* (SKAU, 1964); Chênaie-Bétulaie, Hêtraie et Pessière (NOIRFALISE, 1959); peuplements de *Fagus sylvatica*, *Picea abies* et *Larix decidua* (REYNOLDS et HENDERSON, 1967), de *Quercus ilex* et *Pinus halepensis* (RAPP et ROMANE, 1968); couverts forestiers de *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Abies grandis* et peuplement mélangé de *Fagus sylvatica* et *Carpinus betulus* (AUSSENAC, 1968)...

Ces auteurs constatent que l'interception de l'eau de pluie par la couverture végétale varie selon l'espèce considérée, selon la structure du peuplement, selon l'intensité et la durée des précipitations. L'interception moyenne annuelle est généralement plus importante sous peuplement de résineux que sous peuplement de feuillus où les variations saisonnières sont plus marquées. NOIRFALISE (1959) a également étudié la variation saisonnière de l'interception par la strate herbacée.

(1) Rappels que seule une fraction des eaux arrivant sur la végétation atteint le sol. La différence entre la pluviométrie incidente (rainfall) et la quantité d'eau atteignant le sol (eau d'égouttement ou throughfall + eau d'écoulement le long des tiges ou stemflow) correspond à l'interception par la couverture végétale.

En passant sur la végétation, l'eau se charge de poussières atmosphériques déposées sur les végétaux, mais aussi d'éléments minéraux libérés par réaction foliaires. Cette eau constituée du pluviométrique Une fraction de l'eau interceptée par les plantes peut être absorbée au niveau des feuilles, mais la plus grande partie est évaporée.

Certains auteurs (AUSSENAC, BONNEAU et LE TACON, 1972; CARLISTE, BROWN et WHITE, 1966 et 1967; DENAEYER-DE SMET, 1966; LEMEE, 1974; MILLER, 1963; RAPP, 1969; REINERS, 1972; SZABO et CSORTOS, 1975; WILL, 1959) se sont également intéressés à l'apport d'éléments minéraux au sol par les eaux de pluie incidentes et par les eaux de pluviollessivage.

Les apports en éléments biogènes sont extrêmement variables. La composition de l'eau de pluie incidente est fonction de la distance à la mer, des activités industrielles et agricoles régionales. La composition des lessivats varie aussi avec la nature du peuplement végétal et la période de l'année.

Le peu d'études de ce type entrepris dans des écosystèmes non forestiers (citons cependant celles de GORE, 1968 et de BOATMAN, HULME et TOMLINSON, 1975, sur les landes tourbeuses et les tourbières), joint à notre désir d'apporter des éléments supplémentaires à la compréhension du fonctionnement des landes armoricaines a motivé le présent travail.

LES STATIONS

L'expérimentation a été menée dans les landes du Cap Fréhel (Côtes-du-Nord) situées sur les côtes de la Manche et dans les landes de Paimpont au lieu-dit Butte de Tiot (Ille-et-Vilaine) qui se trouve à vol d'oiseau à 70 km de la mer (fig. 1).

Dans chacune des localités l'eau de pluie ou l'eau d'égouttement ont été recueillies dans 4 types de stations :

— sur « sol nu », dans une clairière ou une zone fauchée où il n'y a pas d'interception par la végétation; ces stations servent donc de témoins,

— sous lande sèche rase : à Paimpont, la végétation est constituée de *Calluna vulgaris*, *Erica cinerea* et *Ulex europaeus*; c'est une formation fermée uniforme, de densité moyenne, ayant une hauteur de 20 à 30 cm et une biomasse aérienne de 10 t/ha (FORGEARD, 1977); à Fréhel, la lande rare à *Calluna*

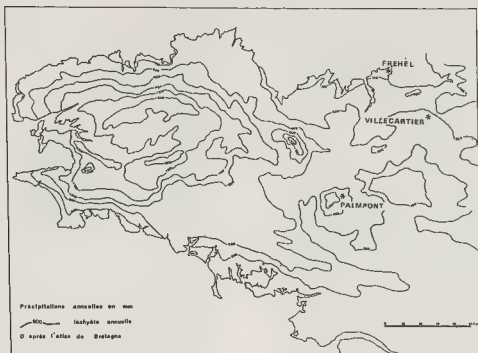


FIG. 1. — Localisation des zones étudiées.

vulgaris, *Erica cinerea* et *Ulex gallii* se présente en coussinets denses et serrés de 20-25 cm de haut et a une biomasse aérienne de 18 t/ha (GLOAGUEN et TOUFFET, 1973),

— sous lande mésophile : à Paimpont, la végétation est dominée par *Erica ciliaris* et *Ulex minor* qui forment un couvert de densité moyenne, de structure homogène, ayant une hauteur de 60 cm et une biomasse aérienne de 15 t/ha; à Fréhel, la lande mésophile est constituée surtout d'*Erica ciliaris* et d'*Ulex gallii*; sa hauteur est voisine de celle de Paimpont mais elle est plus dense et sa biomasse atteint 28 t/ha,

— sous lande haute : à Paimpont comme à Fréhel, la végétation est un fourré dense d'*Ulex europaeus*; dans la première station ce fourré a une hauteur de 2 m à 2,50 m et une biomasse aérienne de 49 t/ha; sur la côte les Ajoncs sont plus trapus et ne mesurent que 1 m à 1,50 m, leur biomasse aérienne est de 43 t/ha.

MÉTHODOLOGIE

Le pluviomètre est constitué d'une bouteille en matière plastique (magnum d'eau minérale vendu dans le commerce) dont la partie supérieure est coupée et retournée pour former un entonnoir et éviter l'évaporation. Le goulot est muni d'un filtre en nylon.

L'étude a été suivie pendant trois années : 1973, 1974 et 1975. La première année chaque station est équipée de 5 pluviomètres. Ce nombre a été doublé les deuxième et troisième années. Chaque bouteille a un emplacement fixé, elle est enfoncée de 10 cm dans le sol et est recouverte par la végétation. Les pluviomètres sont relevés le dernier jour de chaque mois et remplacés par une autre série.

Les volumes d'eau sont mesurés au laboratoire à l'éprouvette. Une partie aliquote de ces eaux est

filtrée sur filtre Durieux sans cendres et conservée en chambre froide pour les dosages (effectués au maximum dans le délai d'une semaine).

Sur ces eaux sont dosés directement sans minéralisation ni évaporation partielle des pluviollessivats :

— le sodium et le potassium au photomètre à flamme,

— le calcium et le magnésium au spectrophotomètre à absorption atomique,

— l'azote par la technique de Parnas Wagner.

Pour contrôler la contamination éventuelle des eaux de pluie par le plastique du pluviomètre, une bouteille pleine d'eau distillée, hermétiquement close a été placée sur « sol nu » pendant un an. Chaque mois une partie de cette eau a été dosée; nous n'avons pas constaté de variation dans sa composition minérale.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. PLUVIOMÉTRIE ET INTERCEPTION PAR LE COUVERT VÉGÉTAL.

Nous avons d'abord comparé les résultats obtenus en station « sol nu » avec ceux des stations météorologiques les plus proches (Plélan-le-Grand et le phare de Fréhel).

Les pluviosités moyennes annuelles, calculées sur les trois années, sont respectivement de :

— 716,7 mm à la butte de Tiot,

— 766,3 mm à la station météorologique de Plélan-le-Grand,

et de :

— 674,5 mm sur le sol nu à Fréhel,

— 629,7 mm à la station météorologique du phare.

Nous observons donc dans nos stations un déficit de pluviosité de 6,5 % à Tiot et un excès de 7 % à Fréhel. Ces différences sont difficilement interprétables sachant que, d'après les bioclimatologistes,

les pluviomètres sont des outils d'interception peu précis, entraînant des erreurs d'estimation pouvant atteindre 10 %, dues notamment à l'obliquité de la pluie et à la taille des gouttes; de plus, la Butte de Tiot est distante de Plélan-le-Grand d'une douzaine de kilomètres.

En 1973 l'erreur standard moyenne calculée mensuellement sur les 5 pluviomètres placés en station « sol nu » est de 4 % à Paimpont et de 6 % à Fréhel. En 1974 et 1975 elle n'est plus que de 2 % à Paimpont et de 5 % à Fréhel pour des séries de 10 pluviomètres. L'erreur plus importante à Fréhel est sans doute due à « l'environnement aérodynamique dont les effets sont d'autant plus accusés que la vitesse de chute des précipitations est faible » (PONCELET, 1959).

Dans les autres stations, les erreurs standard sont les suivantes :

— en lande sèche rase :

10 % à Paimpont, 11 % à Fréhel,

— en lande mésophile :

11,5 % à Paimpont, 15 % à Fréhel,

— en lande haute :

13 % à Paimpont, 14 % à Fréhel.

Ces valeurs plus élevées sont dues à l'hétérogénéité du couvert végétal. Elles semblent aussi augmenter avec la « densité » et le « volume » de la végétation interceptante et donc dépendre de la structure et de la biomasse.

Les pourcentages moyens d'interception par le couvert végétal sont présentés dans le tableau I.

C'est dans la lande sèche rase à Bruyères de Paimpont que l'interception est la plus faible (30 %) et dans la lande haute voisine qu'elle est la plus forte (60 %). Notons que pour les six stations étudiées le pourcentage d'interception des eaux de pluie augmente avec la biomasse végétale et donc avec la surface de captation.

Le pourcentage d'interception (fig. 2) varie aussi au cours de l'année; il est généralement moins important lorsque les précipitations sont faibles mais les moyennes mensuelles masquent en partie les variations dues à l'intensité des pluies.

TABLEAU 1

Pourcentage d'interception des eaux de pluie dans les différentes landes étudiées (moyennes annuelles).

	PAIMPONT			FRÉHEL		
	Landes sèche rase	Landes mésophile	Landes haute	Landes sèche rase	Landes mésophile	Landes haute
1973	31,71	20,91	56,65	42,89	56,05	58,51
1974	30,18	40,98	60,15	32,36	60,60	60,10
1975	30,47	44,47	63,74	31,78	53,03	48,39
Moyenne ($\pm$ erreur standard)	30,78 $\pm$ 2,10	35,45 $\pm$ 2,74	60,84 $\pm$ 2,68	35,65 $\pm$ 4,99	56,56 $\pm$ 5,05	55,66 $\pm$ 4,28
Biomasse (t/ha)	10	15	49	18	28	43

2. COMPOSITION MINÉRALE DES EAUX DE PLUIE ET DE PLUVIOLESSIVAGE.

2.1. Composition minérale des eaux de pluie.

Dans le tableau 2 la composition minérale moyenne des eaux de pluie incidentes à Paimpont et à Fréhel est comparée à d'autres données de la littérature.

Les eaux de pluie de Fréhel sont beaucoup plus concentrées en éléments minéraux que celles de Paimpont; le facteur de concentration, lié à la proximité immédiate de la mer, est de 7 pour le sodium, 5 pour le magnésium, 4 pour le potassium, 2 pour le calcium et seulement 1,5 pour l'azote.

Dans la station étudiée par CARLISLE, BROWN et WHITE (1967), proche du littoral britannique, les teneurs sont inférieures à celles de Fréhel, surtout pour le potassium.

TABLEAU 2

Composition minérale des eaux de pluie incidentes dans diverses régions (en ppm).

	Na	K	Ca	Mg	N
PAIMPONT	2,52	1,65	1,32	0,43	1,23
FRÉHEL	17,57	6,55	2,44	2,06	1,84
Sud-Est Angleterre (NADGWICK et OVINGTON 1959)	0,3-8,2	0,05-3,5	0,2-9,8	< 0,5-0,9	-
Virelles-Chinay - Belgique (DENAYER DE SMET 1966)	1,7-3	0,1-0,3	2,3-3,2	-	-
Nord Lancashire - Angleterre (CARLISLE, BROWN et WHITE 1967)	9,16	0,48	2,23	1,29	0,92
Fontainebleau - France (LEMEZ 1974)	-	0,45	1,70	0,54	1,83
Kirkeudbrightshire - Ecosse (BOATHMAN, HULME et TOMLINSON 1975)	0,8-2,5	0,6	0,5-0,6	0,5-0,8	-

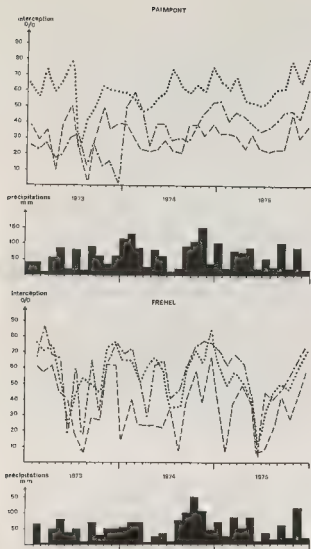


FIG. 2. — Variations du pourcentage d'interception mensuel des eaux de pluie dans les landes étudiées.

En ce qui concerne les variations saisonnières nous avons constaté comme DENAEYER-DE SMET (1966 et 1969) et BOATMAN, HULME et TOMLINSON (1975) une plus grande richesse des eaux de pluie en sodium, mais aussi en magnésium, pendant la période hivernale. Par contre, les taux de calcium et d'azote sont plus élevés en période estivale. Pour le potassium, il ne semble pas y avoir de variations importantes d'une saison à l'autre; notons cependant un minimum en automne.

2.2. Composition minérale des eaux d'égouttement.

2.2.1. Teneurs moyennes annuelles (fig. 3).

Après passage sur les différentes landes, les lessivats sont toujours plus concentrés que les eaux de pluie incidentes. Les teneurs augmentent à Fréhel comme à Paimpont de la lande sèche rase à Bruyères à la lande haute, la lande mésophile ayant une position intermédiaire. La concentration des lessivats est toujours plus grande à Fréhel qu'à Paimpont, mais les écarts avec celle des eaux incidentes tendent à s'atténuer sous la végétation et ceci de façon d'autant plus nette que la biomasse est plus importante. Ainsi dans les eaux de pluie le sodium est 7 fois plus abondant à Fréhel qu'à Paimpont; sous les landes hautes ce rapport n'est plus que de 3.

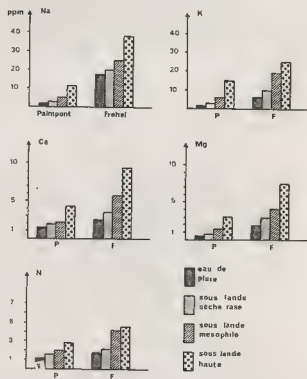


FIG. 3. — Teneurs moyennes annuelles des eaux de pluie et des eaux d'égouttement (moyenne de 3 années en ppm).

222. Variations des teneurs mensuelles (fig. 4 et 5).

— Na :

Les eaux recueillies sous la lande sont généralement plus concentrées pendant les mois d'automne et hiver que pendant les mois de printemps et d'été. DENAEYER-DE SMET (1966) l'a déjà observé, mais pour cet auteur les concentrations en sodium des eaux incidentes et des lessivats sont peu différentes. MADWICK et OVINGTON, en 1959, avaient aussi noté une plus forte concentration en sodium l'hiver, dans les eaux de pluie et sous couvert forestier.

Ces teneurs hivernales élevées pourraient, dans notre région, être mises en relation avec les vents de tempêtes qui sont chargés d'embruns.

— K :

Sous les trois types de landes, les eaux recueillies présentent des concentrations maximales de mai-juin à septembre pendant les périodes de faible pluviosité.

Dès 1935, LAUSBERG notait une excrétion, ou récrétion, de potassium par les végétaux. Celle-ci, chez les Feuillus, est importante pendant la période végétative et s'accroît encore lors du jaunissement des feuilles.

Dans nos stations, les fortes concentrations au cours des périodes printemps-été sont probablement à mettre en relation avec la phénologie des principales espèces de la lande; les jeunes pousses de Bruyères et d'Ajoncs apparaissent vers le mois d'avril, leur croissance est rapide jusqu'en juillet-août; ces pousses annuelles riches en potassium sont sans doute le siège d'une récrétion importante. De plus, les pièces florales d'Ajoncs qui tombent abondamment dans les pluviomètres au printemps et au début de l'été sont lessivés et contribuent à l'augmentation des teneurs en potassium sous les landes hautes.

— Ca :

Les teneurs en calcium des pluiolessivats présentent au cours de l'année des variations notables (de 1 à 10) mais irrégulières.

CARLISLE, BROWN et WHITE (1966) sous couvert de *Quercus petraea* n'avaient pas de différences

marquées au cours de l'année. Par contre MADGWICK et OVINGTON (1959), DENAEYER - DE SMET (1966) et LEMÉE (1974) s'accordent à trouver une concentration maximale des eaux incidentes et des lessivats au cours de l'hiver.

Selon LAUSBERG (1935) la récrétion de Ca par les végétaux est faible. Les fortes concentrations seraient donc liées soit à une faible pluviosité, soit à une forte interception par le couvert végétal plutôt qu'à une perte de calcium par les plantes.

— Mg :

Comme dans le cas du calcium, nous n'avons pas trouvé de variations saisonnières de concentration. Ces deux éléments ont dans les eaux de pluie et les lessivats une évolution parallèle comme l'ont déjà signalé les auteurs précédemment cités.

Cependant, selon LAUSBERG (1935), la récrétion de magnésium par les végétaux serait « moyenne » alors qu'elle est forte pour le potassium et faible pour le calcium. Nous pouvons en effet observer des différences de concentration plus importantes pour le magnésium que pour le calcium entre l'eau incidente et les lessivats.

— N :

Les variations mensuelles des teneurs en azote sont peu marquées.

L'azote ne semble pas être récrété, mais selon CARLISLE, BROWN et WHITE (1966) il y aurait plutôt absorption au niveau des limbes par les feuilles elles-mêmes et par les microorganismes qui y vivent.

Les différences de concentration observées entre les divers types de landes seraient comme dans le cas du calcium à mettre en relation avec les quantités d'eau égouttées.

3. LES APPORTS D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX PAR LES EAUX DE PLUIE ET LES LESSIVATS (tabl. 3).

3.1. Par les eaux incidentes.

Les apports annuels totaux (Na + K + Ca + Mg + N) par les eaux de pluie sont loin d'être

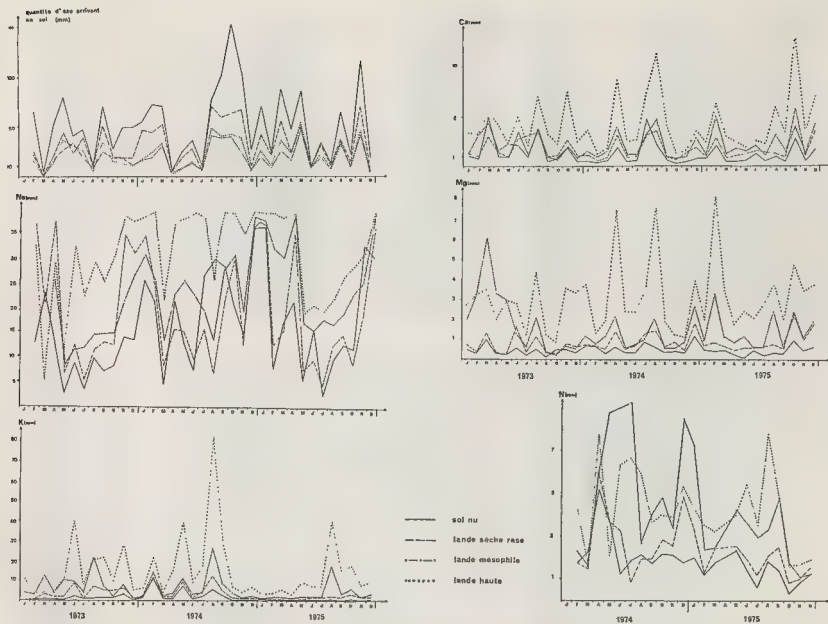


FIG. 4. — Variations de la quantité d'eau arrivant au sol (en mm) et des teneurs en éléments minéraux (en ppm) à Paimpont

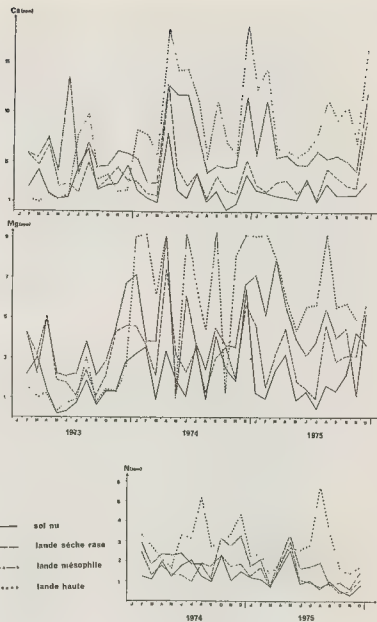
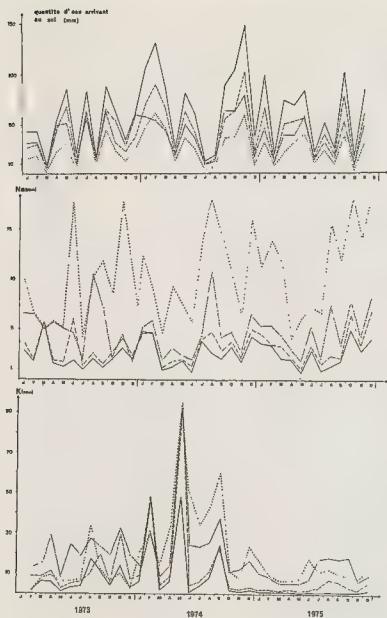


Fig. 5. — Variations de la quantité d'eau arrivant au sol (en mm) et des teneurs en éléments minéraux (en ppm) à Fréhel.

TABLEAU 3

Apports d'éléments minéraux par les eaux incidentes et les eaux de pluviollessivage dans les stations étudiées (moyenne de trois années, en kg/ha/an).

Éléments	Station	Sol nu sans incidentes	Lande sèche rase			Lande mésophile			Lande haute		
			Eg.	Ec.	Eg. + Ec.	Eg.	Ec.	Eg. + Ec.	Eg.	Ec.	Eg. + Ec.
Na	Paimpont	8,09	14,00	1,63- 4,57	15,83 18,57	19,26	2,40- 6,51	21,86- 25,75	28,07	4,51-11,28	32,58 39,35
	Fréhel	115,01	76,53	10,38-25,96	66,17-102,51	57,61	9,02-22,55	66,63- 80,16	97,57	15,18-37,96	112,75-155,33
K	Paimpont	13,51	15,6	2,04- 5,10	17,85 20,71	24,04	3,26 8,14	27,30- 32,18	38,25	6,15 15,38	44,40- 55,63
	Fréhel	39,11	37,28	5,05-12,63	62,31- 49,89	46,20	6,93-17,33	51,23- 61,63	60,82	9,46-23,66	70,28- 84,48
Ca	Paimpont	7,78	6,79	0,88- 2,22	7,68- 9,01	7,37	1,00- 2,49	8,37- 9,06	8,99	1,46- 3,61	10,45- 12,60
	Fréhel	11,43	11,06	1,50- 3,75	12,56- 16,81	13,97	2,18- 5,46	16,15- 19,43	21,60	3,38- 8,40	24,98- 30,00
Mg	Paimpont	2,99	3,04	0,40- 0,99	3,44- 4,03	5,70	0,77- 1,93	6,47- 7,63	7,09	1,14- 2,83	8,23- 9,94
	Fréhel	13,21	11,29	1,53- 3,82	12,82- 15,11	9,62	1,50- 3,76	11,12- 13,38	17,68	2,78- 6,95	20,46- 24,82
N	Paimpont	9,61	8,22	1,07- 2,68	9,29- 10,90	9,10	1,23- 3,08	10,33- 12,19	8,44	1,38- 3,39	9,80- 13,43
	Fréhel	12,54	10,24	1,35- 3,47	11,63 13,71	13,38	2,09- 5,23	15,47- 18,61	11,23	1,75- 4,37	12,98- 15,60
Total	Paimpont	51,98	47,66	6,13-15,58	53,89- 62,26	65,45	8,86-22,16	74,31- 87,61	90,86	14,60-26,52	105,46-127,26
	Fréhel	189,50	146,40	19,85-49,65	166,73-196,05	138,88	21,72-54,23	160,60-193,21	209,10	37,53-81,37	241,63-290,47

négligeables dans le fonctionnement de l'écosystème puisqu'ils sont voisins de 52 kg/ha/an à Paimpont et de 190 kg/ha/an à Fréhel (moyenne des 3 années d'étude). Dans notre région cet apport minéral dépend essentiellement de la distance à la mer; il peut augmenter à proximité d'un centre industriel ou urbain.

Si l'on tient compte de la distance à la mer (fig. 6), nos résultats sont comparables à ceux de ALLEN, CARLISLE, WHITE, et EVANS (1968), MILLER (1963) et de MAYER et ULRICH (1974). Ils sont légèrement inférieurs à ceux de GORE (1968) et supérieurs à ceux de CARLISLE, BROWN et WHITE (1966) et de RAPP (1969), mais cet auteur travaille près de la Méditerranée ce qui peut expliquer les valeurs plus faibles.

3.2. Par les pluviollessivats.

Si nous comparons les apports des principaux éléments par les eaux d'égouttement il apparaît qu'à Fréhel, le sodium est apporté en plus grande quantité dans toutes les stations (de 58 kg/ha/an dans la lande mésophile à 113 kg/ha/an sur sol nu) puis le potassium (de 37 kg/ha/an en lande sèche rase à 61 kg/ha/an dans la lande haute) et, en quantité à peu près équivalente le calcium (de 11 kg/ha/an dans la lande sèche rase à 22 kg/ha/an dans la lande

haute), le magnésium (de 10 kg/ha/an dans la lande mésophile à 18 kg/ha/an dans la lande haute) et l'azote (10 kg/ha/an dans la lande sèche rase à 13 kg/ha/an dans la lande mésophile).

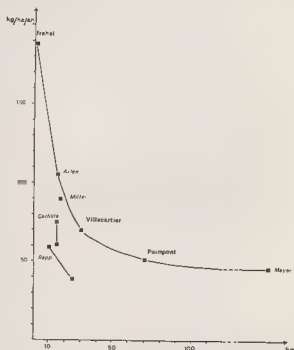


Fig. 6. — Apports d'éléments minéraux par les eaux de pluie en fonction de la distance à la mer.

A Paimpont c'est le potassium qui est le mieux représenté (de 13,5 kg/ha/an sur sol nu à 38 kg/ha/an dans la lande haute) puis le sodium (de 14 kg/ha/an en lande sèche rase à 28 kg/ha/an en lande haute), l'azote (de 8 kg/ha/an en lande sèche rase à 10 kg/ha/an sur sol nu), le calcium (de 7 kg/ha/an en lande sèche rase à 9 kg/ha/an en lande haute) et enfin le magnésium (de 3 kg/ha/an en lande sèche rase à 7 kg/ha/an en lande haute).

Pour la plupart des éléments l'apport est généralement plus important dans les landes hautes, à Fréhel comme à Paimpont.

La quantité d'éléments arrivant au niveau du sol par les eaux d'égouttement, sans tenir compte de l'écoulement le long des tiges, peut être inférieure à l'apport par les eaux incidentes (tabl. 3). C'est le cas dans la lande sèche rase de Paimpont et dans les landes sèche rase et mésophile de Fréhel. Par contre, l'apport minéral est supérieur de 13,5 kg/ha/an à celui des eaux de pluie sous la lande mésophile de Paimpont, de 39 kg/ha/an dans la lande haute de Paimpont et de 20 kg/ha/an dans la lande haute de Fréhel.

Mais les apports minéraux que nous avons mesurés sous les landes ne tiennent compte que des eaux d'égouttement. L'écoulement le long des tiges (stem-flow) est très variable selon les types des formations végétales et a surtout été étudiée dans les peuplements forestiers. Il est sous feuillus de 7 % (AUSSENAC, 1968), 3-6 % CARLISLE, BROWN et WHITE, 1967), 11 % (NIHLGÅRD, 1970) et sous résineux de 1,2 % (AUSSEDAC, 1968), 3 % (NIHLGÅRD, 1970). BEARD (1962), dans une prairie, l'évalue à 50 % et LEYON, REYNOLDS et THOMPSON (1968) de 17 à 31 % sous *Pteridium aquilinum*. N'ayant pas de données de référence plus précises pour les landes mais compte tenu de leur structure, nous avons estimé que l'écoulement se situe entre 10 et 25 %. Les valeurs obtenues pour ces deux extrêmes figurent dans le tableau 3.

Il faudrait aussi tenir compte de la composition des eaux d'écoulement. En effet, comme l'ont souligné GRATANI et BRUNO (1974), elles sont plus concentrées que les lessivats mais les différences de

concentration ne sont pas identiques pour tous les éléments.

En faisant intervenir l'écoulement le long des troncs, le bilan (quantité d'éléments dans les eaux d'égouttement et d'écoulement - quantité d'éléments dans les eaux incidentes) devient positif dans tous les types de landes à Paimpont comme à Fréhel. Mais, bien que l'enrichissement des eaux de pluie soit plus important à Paimpont (bilans toujours positifs) les apports totaux d'éléments minéraux sont nettement supérieurs à Fréhel (de 242 à 290 kg/ha/an pour la lande haute).

Le bilan des apports pour chaque élément est également figuré dans le tableau 3.

Pour le sodium, seules les landes sèche rase et mésophile de Fréhel ont un bilan négatif. Dans ce cas, une partie du sodium contenu dans les eaux de pluie est arrêtée par la végétation soit par dépôt, soit par absorption au niveau des feuilles.

La quantité de potassium arrivant au sol est supérieure à celle contenue dans les eaux incidentes. La récréation foliaire de potassium par les végétaux est donc apparente dans toutes nos stations.

En ce qui concerne le calcium, l'influence du couvert végétal est faible à Paimpont; par contre à Fréhel l'apport supplémentaire de calcium dans la lande haute peut atteindre 10 kg/ha/an par égouttement et de 14 à 18 kg/ha/an si l'on tient compte de l'écoulement.

A Paimpont comme à Fréhel, l'apport de magnésium par lessivage et récréation est toujours supérieur à l'apport par les eaux de pluie.

L'apport d'azote est toujours très faible, sauf dans la lande mésophile de Fréhel. Il n'y a pas de grandes différences entre les landes rases à Bruyères et les landes hautes à Ajonces bien que ces derniers soient beaucoup plus riches en azote.

Les eaux de pluviollessivage étant plus concentrées pendant les périodes de faible pluviosité, les variations des apports mensuels sont moins marquées que celles des teneurs. D'une façon générale, les apports en sodium sont plus importants en automne et en hiver. Inversement, les quantités de potassium

sont plus élevées de mai à septembre dans les landes mésophiles et hautes contrairement aux variations observées dans les forêts caducifoliées où l'automne correspond à une forte récréation de potassium. Pour les autres éléments (Ca, Mg, N) les variations mensuelles sont irrégulières.

CONCLUSION

Cette étude de l'interception des précipitations et des apports d'éléments minéraux par les eaux de pluie et les pluviostats nous a permis de préciser, pour les landes armoricaines, les points suivants :

1) L'interception des eaux de pluie par le couvert végétal est fonction de l'importance de la végétation; elle augmente avec la biomasse végétale aérienne dans les landes étudiées.

2) La proximité de la mer joue un rôle essentiel dans la composition minérale des eaux de pluie : les éléments les plus sensibles sont le sodium, le potassium et le magnésium. Pour le calcium et l'azote, la différence entre Fréhel et Paimpont est moins marquée.

3) La composition minérale des eaux de pluie varie avec les saisons. Les eaux sont plus riches en sodium pendant la période automne-hiver. Les teneurs en potassium sont plus élevées au cours du printemps et de l'été. Le calcium et le magnésium ne présentent pas de variations saisonnières régulières. Les apports d'éléments minéraux présentent les mêmes variations saisonnières, mais elles sont atténuées.

4) Les eaux d'égouttement sont plus concentrées pendant les périodes de faible pluviosité. Leur teneur en éléments est d'autant plus élevée que l'interception est plus forte. L'enrichissement est toujours plus important à Paimpont qu'à Fréhel. Deux facteurs pourraient expliquer cette différence : d'une part, la température moyenne estivale, supérieure d'environ 1 °C à Paimpont, augmente l'évaporation et donc la concentration des eaux d'égouttement; d'autre part, la forte concentration des eaux incidentes à Fréhel y diminue peut-être les phénomènes de récréation.

5) Les eaux de pluie incidentes apportent 52 kg/ha/an d'éléments minéraux à Paimpont et 190 kg/ha/an à Fréhel. Les apports d'éléments par les eaux d'égouttement ont des valeurs maximales sous les landes hautes avec près de 91 kg/ha/an à Paimpont et 209 kg/ha/an à Fréhel; ils atteignent respectivement 105 à 127 kg/ha/an et 241 à 290 kg/ha/an en tenant compte de l'eau d'écoulement.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN (S.E.), CARLISLE (A.), WHITE (E.J.) et EVANS (C.C.), 1968. — The plant nutrient content of rain-water. *J. Ecol.*, **56**, 497-504.
- AUSSENAC (G.), 1968). — Interception des précipitations par le couvert forestier. *Ann. Sci. forest.*, **25**, 135-156.
- AUSSENAC (G.), BONNEAU (M.) et LE TACON (F.), 1972. — Réstitution des éléments minéraux au sol par l'intermédiaire de la litière et des précipitations dans quatre peuplements forestiers de l'Est de la France. *Écol. Plant.*, **7**, 1-21.
- BEARD (J.S.), 1962. — Rainfall interception by grass. *J. S. Afr. For. Ass.*, **42**, 12-15.
- BOATMAN (D.J.), HULME (P.D.) et TOMLINSON (R.W.), 1975. — Monthly determinations of the concentrations of sodium, potassium, magnesium and calcium in the rain and in pools on the Silver Flowe National Nature Reserve. *J. Ecol.*, **63**, 903-912.
- CARLISLE (A.), BROWN (A.H.F.) et WHITE (E.J.), 1965. — The interception of precipitation by oak (*Quercus petraea*) on a high rainfall site. *Quart. J. For.*, **59**, 140-143.
- CARLISLE (A.), BROWN (A.H.F.) et WHITE (E.J.), 1966. — The organic matter and nutrient elements in the precipitation beneath a sessile oak (*Quercus petraea*) canopy. *J. Ecol.*, **54**, 87-98.
- CARLISLE (A.), BROWN (A.H.F.) et WHITE (E.J.), 1967. — The nutrient content of tree stem flow and ground flora litter and leachates in a sessile oak (*Quercus petraea*) woodland. *J. Ecol.*, **55**, 615-627.
- CZARNOWSKI (M.S.) et OLSZEWSKI (J.L.), 1970. — Number and spacing of rainfall gauges in a deciduous forest stand. *Oikos*, **21**, 48-51.
- DENAEYER-DE SMET (S.), 1966. — Bilan annuel des apports d'éléments minéraux par les eaux de précipitation sous couvert forestier dans la forêt mélangée caducifoliée de Blaimont (Virelles-Chimay). *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, **99**, 345-375.

- DENAEYER-DE SMET (S.), 1969. — Recherches sur l'écosystème forêt. Série B. La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Apports d'éléments minéraux par les eaux de précipitation, d'égouttement sous couvert forestier et d'écoulement le long des troncs. (1965, 1966, 1967). *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, **102**, 355-372.
- FORGEARD (F.), 1977. — L'écosystème lande dans la région de Paimpont. Etude du cycle de la matière organique et des éléments minéraux. *Thèse 3^e cycle*, Univ. Rennes, 246 p.
- GLOAGUEN (J.C.) et TOUFFET (J.), 1973. — La biomasse végétale aérienne et la répartition des éléments biogènes essentiels dans quelques types de landes littorales armoricaines. *C.R. Acad. Sc. Paris*, **277**, série D, 505-508.
- GORE (A.J.P.), 1968. — The supply of six elements by rain to an upland peat area. *J. Ecol.*, **56**, 483-495.
- GRATANI (L.) et BRUNO (F.), 1974. — Apporto di elementi minerali all'ecosistema faggeta (Terminillo) da parte delle acque di precipitazione : comparazione con lo stemflow ed il throughfall. *Ann. di Bot.*, **33**, 151-165.
- HOOVER (M.D.), 1953. — Interception of rainfall in a young loblolly pine plantation. *U.S. Forest Service Southeastern Forest Exp. St.*, **21**, 13 p.
- LAUSBERG (T.), 1935. — Quantitative Untersuchungen über die kutikulare, Exkretion des Laubblattes. *Jb. Wiss. Bot.*, **81**, 769.
- LAW (F.), 1957. — Mesurement of rainfall, interception and evaporation losses in a plantation of Sitka spruce trees. *Int. Ass. Hydrology. XIth General Assembly Toronto*, 397-411.
- LEMÉE (G.), 1974. — Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. IV Entrées d'éléments minéraux par les précipitations et transfert au sol par le pluviollessivage. *Æcol. Plant.*, **9**, 187-200.
- LEYTON (L.), REYNOLDS (E.R.C.) et THOMPSON (F.B.), 1968. — Interception of rainfall by trees and moorland vegetation. In *The measurement of environmental factors in terrestrial ecology*, by R.M. Wadsworth. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 97-108.
- MADGWICK (H.A.I.) et OVINGTON (J.D.), 1959. — The chemical composition of precipitation in adjacent forest and open plots. *Forestry*, **32**, 14-22.
- MAYER (R.) et ULRICH (B.), 1974. — Conclusions on the filtering action of forests from ecosystem analysis. *Æcol. Plant.*, **9**, 157-168.
- MILLER (R.B.), 1963. — Plant nutrients in hard beech. III The cycle of nutrients. *N. Z. J. Sci.*, **6**, 388-413.
- NIHLGÅRD (B.), 1970. — Precipitation, its chemical composition and effect on soil water in a beech and spruce forest in south Sweden. *Oikos*, **21**, 208-217.
- NOIRFALISE (A.), 1959. — Sur l'interception de la pluie par le couvert dans quelques forêts belges. *Bull. Soc. roy. For. Belg.*, octobre 1959, 1-7.
- PONCELET (L.), 1959. — Sur le comportement des pluviomètres. *Inst. roy. Météorol. Belg.*, sér. A, **10**, 58 p.
- RAPP (M.), 1969. — Apports d'éléments minéraux au sol par les eaux de pluviollessivage sous des peuplements de *Quercus ilex* L., *Quercus lanuginosa* Lamk. et *Pinus halepensis* Mill. *Æcol. Plant.*, **4**, 71-92.
- RAPP (M.) et ROMANE (F.), 1968. — Contribution à l'étude du bilan de l'eau dans les écosystèmes méditerranéens. I - Egottement des précipitations sous des peuplements de *Quercus ilex* L. et de *Pinus halepensis* Mill. *Æcol. Plant.*, **3**, 271-284.
- REINERS (W.A.), 1972. — Nutrient content of canopy throughfall in three Minnesota forests. *Oikos*, **23**, 14-22.
- REYNOLDS (E.R.C.) et HENDERSON (C.S.), 1967. — Rainfall interception by Beech, Larch and Norway spruce. *Forestry*, **40**, 165-184.
- SKAU (C.M.), 1964. — Interception, throughfall, and stemflow in Utah and Alligator Juniper Cover types of Northern Arizona. *Forest Science*, **10**, 283-287.
- SZABO (M.) et CSORTOS (C.), 1975. — A study of the nutrient content of canopy throughfall in an oak forest (*Quercetum petraeae-cerris*) measured for one year. *Acta Bot. Acad. Sci. hung.*, **21**, 419-432.
- WHITE (E.J.) et CARLISLE (A.), 1968. — The interception of rainfall by mixed deciduous woodland. *Quart. J. For.*, **62**, 310-320.
- WILL (G.M.), 1959. — Nutrient return in litter and rainfall under some exotic conifer stands in New Zealand. *N. Z. J. agric. Res.*, **2**, 719-734.

NOUVELLE TYPOLOGIE DES LANDES DE LA GASCOGNE : MODÈLE D'ÉTUDE SUR LA COMMUNE DE PISSOS (LANDES)

par B. COMPS

J. GELPE

J. SAINT-DIDIER (*)

Station de Recherches forestières, Domaine de l'Hermilage, 33610 Cestas
Laboratoire de Botanique, Université de Bordeaux I, 33405 Talence

RÉSUMÉ

Cette étude a pour cadre un secteur limité mais très représentatif des « Landes de Gascogne » (Sud-Ouest de la France). Elle décrit les différents types de landes ainsi que leur dynamique, principalement en fonction du facteur hydrique. La dynamique de la végétation est représentée par un schéma circulaire montrant comment cette végétation peut évoluer sous l'influence des variations de profondeur de la nappe phréatique et de l'action humaine.

Huit types de landes ont ainsi été définis ; à partir de la lande humide à Erica tetralix, l'assèchement progressif du substrat conduit au type sec à Helianthemum alyssoides. Au cours de cette évolution, il y a passage ou non par le stade à Pteris aquilina dont l'abondance est principalement liée à l'action humaine.

Cette étude a besoin d'être étendue géographiquement afin de pouvoir généraliser le schéma actuel.

Le présent article s'intègre dans un programme de recherches pluridisciplinaire engagé par l'I.N.R.A. en 1976 et qui a pour objet la gestion et la promotion de l'écosystème landais (1). Ce travail a pour thème

(1) Programme élaboré dans le cadre d'un contrat de recherches D.G.R.S.T.

SUMMARY

New typologie of the heaths of Gascogne: study on Pissos commune (Landes).

This study belongs to a restricted but very representative area of the "Landes de Gascogne" (South-west France). It describes the various types of heaths and their dynamism, chiefly with regard to the hydric factor. This dynamism is represented on a circular scheme showing how the vegetation can evolve under the influence of soil water table variations and the human activities.

Eight types of heaths have been described with two possible ways of evolution, grading from a humid type characterized by Erica tetralix to a dry type with Helianthemum alyssoides; one of these ways, characterized by the plenty of Pteris aquilina is likely induced by human action.

This study needs to be extended in order to generalize the present scheme.

l'étude du milieu naturel et, en particulier, la définition des types de végétation, en relation avec les principales caractéristiques du sol; il répond, par rapport aux recherches antérieures déjà publiées (C. LEREDDE, 1947; G. LASCOMBES, 1947; G. LASCOMBES et C. LEREDDE, 1955), à la nécessité d'éla-

(*) D'après Mémoire de fin d'études (septembre 1976), Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles (E.N.I.T.A.) de Dijon, boulevard Olivier de Serres, 21800 Quetigny

borer un schéma typologique à plus grande échelle. Ce travail s'appuie sur un secteur d'expérimentation limité (5 000 hectares environ) situé sur la commune de Pissos, dans le département des Landes : de ce fait, le schéma proposé n'est que provisoire et nécessite, avant tout essai de généralisation, un élargissement géographique à l'ensemble du massif landais.

A. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES LANDES DE GASCogne

1. GÉOGRAPHIE.

La région naturelle des Landes de Gascogne constitue une unité géographique remarquable, nettement définie : limitée au Nord par la Pointe de Grave, à l'Est par la Garonne, au Sud par l'Adour et à l'Ouest par l'Océan Atlantique, elle couvre 1 100 000 ha répartis sur les départements de la Gironde, des Landes et du Lot-et-Garonne.

Le massif landais est un vaste plateau légèrement incliné du Sud-Est au Nord-Ouest, d'une altitude moyenne de 50 mètres. Le réseau hydrographique landais est peu hiérarchisé ; les cours d'eau sont directement tributaires de la Garonne, de l'Adour ou de l'Atlantique. Seule, l'Eyre traverse le centre du massif et draine la Grande Lande, avant de se jeter dans le bassin d'Arcachon.

Selon LEGIGAN (1970), les dépôts quaternaires qui constituent le plateau landais se disposent en deux formations superposées :

— à la base, une assise argilo-sableuse dont la mise en place est fluviale ;

— au sommet, une formation peu épaisse de sables quartzux fins (médiane de 0,3 mm), datée du Würmien terminal à laquelle l'auteur réserve le terme de « sables des Landes », et dont la mise en place est éolienne. Ainsi défini, le sable des Landes ne présente qu'une épaisseur de 4 m en moyenne.

2. PÉDOLOGIE.

Les sols du plateau landais formés sur un matériau originaire, de texture sableuse (2 à 3 % seulement d'argiles et de limons) appartiennent à la classe des sols à humus brut, groupes des sols podzoliques, des podzols et des podzols hydromorphes.

Dans les parties les plus humides, ils passent localement aux types hydromorphes.

Formés dans d'autres conditions climatiques et sous l'influence d'une végétation en partie différente, les sols du massif landais sont caractérisés par une forte acidité (pH de 4 à 5,5) et un C/N élevé (20 à 40).

3. CLIMAT.

Les Landes de Gascogne bénéficient d'un climat doux de type atlantique méridional : précipitations assez abondantes mais variables du Nord au Sud avec deux maximums, l'un de printemps, l'autre d'automne ; les amplitudes thermiques sont relativement faibles, marquées toutefois par une tendance légèrement plus continentale vers l'Est.

4. HISTOIRE : DE LA LANDE À LA FORÊT.

Le paysage landais que nous connaissons de nos jours est relativement récent. Il constitue l'ultime stade d'une évolution marquée par l'empreinte humaine.

À l'origine, les Landes de Gascogne sont couvertes d'une forêt à base de pin maritime, principalement le long de la côte atlantique ; à l'intérieur, le chêne pédonculé et le chêne tauzin se mêlent au pin pour constituer une forêt mixte. Après l'époque romaine, cette dernière se dégrade lentement sous l'action du pâturage : il en résulte la substitution progressive mais certaine de la lande à la forêt. Cette formation

végétale qui va donner son nom au pays qu'elle recouvre constitue le paysage gascon jusqu'au milieu du XIX^e siècle.

Déjà amorcé au XVIII^e siècle, l'enrésinement de la Gascogne à l'aide du pin maritime (*Pinus pinaster*) se développe sous l'impulsion de Napoléon III. La forêt se substitue à son tour à la lande *sensu stricto*; cependant, le terme de lande demeure pour désigner la formation végétale sous-bois constituée essentiellement d'Ericacées et de Papilionacées.

B. — LE CADRE D'ÉTUDE : COMMUNE DE PISSOS (fig. 1 et 2)

1. TOPOGRAPHIE (fig. 3).

L'observation globale laisse apparaître un relief peu diversifié. Le site est constitué, dans sa majeure partie, par un plateau légèrement incliné du Sud-Ouest au Nord-Est (pente de 0,3 % en moyenne). La monotonie du plateau est rompue très localement par de légères dépressions peu étendues (moins de 1 ha), peu profondes et très humides.

C'est dans la partie amont de la vallée de la Grande Leyre que se situe notre secteur d'expérimentation. La région étudiée couvre plus particulièrement la partie sud-ouest de la commune de Pissos, au Nord du département des Landes, sur la rive gauche de la Grande Leyre. Ce territoire de forme rectangulaire s'étale sur 5 000 ha environ (5 km du Nord au Sud et 10 km en Est). Il est limité :

- à l'Ouest par la route nationale 10 Bordeaux-Bayonne,
- au Nord par la piste forestière 23, puis par le ruisseau du Mourdouat,
- au Sud par la piste forestière 245,
- à l'Est par le cours de la Grande Leyre.

Le relief s'affirme dans la partie orientale et concerne essentiellement le réseau hydrographique organisé autour de la Grande Leyre. Cette dernière reçoit successivement trois affluents sur la rive gau-

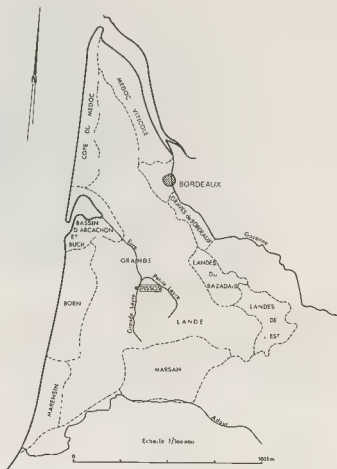


FIG. 1. — Situation géographique de la commune de Pissos.

che ; ce sont les ruisseaux de la Pendelle, du Moulin de Daugnague et du Mourdouat.

On distingue généralement trois niveaux de terrasse dominant la rivière. Le niveau supérieur constitué par le plateau landais proprement dit domine le lit de la rivière d'une dizaine de mètres en moyenne.

2. LA NAPPE PHRÉATIQUE.

La comparaison des cartes de crue et d'étiage dans la région de Pissos pour l'année 1961 permet de juger la dynamique de la nappe phréatique lors d'une année moyenne.

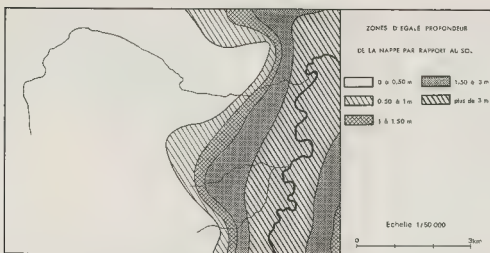


FIG. 4. — Niveaux de crue au cours de l'hiver 1961.

• à partir de cette ligne, en direction de l'Est, nous notons une zone intermédiaire caractérisée par un approfondissement progressif de la nappe phréatique qui, de 0,50 m - 1 m passe à 1 m - 1,50 m et à 1,50 m - 3 m de profondeur;

• le troisième secteur est constitué par la vallée de la Grande Leyre proprement dite. Sur une largeur moyenne de 500 m de chaque côté du cours d'eau, le niveau piézométrique atteint plus de 3 m de profondeur.

b) L'étiage (fig. 5).

Le rôle des ruisseaux de la Pendelle, du Moulin de Daugnague et du Mourdouat apparaît plus clairement en période d'étiage, surtout en ce qui concerne le dernier.

La zone intermédiaire précitée s'est élargie de part et d'autre de la Grande Leyre et remonte le long du ruisseau du Mourdouat, ce qui révèle son

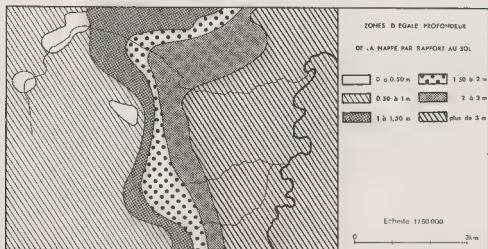


FIG. 5. — Niveaux d'étiage au cours de l'été 1961.

effet de drainage. Ainsi, à l'extrémité nord de son cours, la nappe phréatique s'est enfoncée de 1 m en moyenne.

Le niveau piézométrique de Dagnague a chuté de 1,50 m, celui d'Escoursolles, plus proche du Mourdouat, de 2,50 m. La bande d'axe Sud-Nord qui souligne le fort drainage de la Grande Leyre s'élargit aussi vers l'Est, et vers l'Ouest jusqu'au niveau d'Escoursolles. Dans la partie ouest, la période d'étiage fait, en outre, apparaître une différenciation entre certains secteurs quant à leur régime piézométrique. Globalement, le niveau piézométrique du plateau s'est approfondi de 0,50 m. Cependant, quelques zones correspondent à d'anciennes lagunes ne subissant pas l'effet de l'étiage.

Cela confirme l'augmentation de l'inertie des sols landais face au drainage en fonction de la distance croissante qui les sépare des cours d'eau. Ce caractère essentiel se traduit dans la diversification du paysage de la lande et une ségrégation s'opère dans la répartition spatiale de certaines espèces végétales sensibles à la teneur en eau du sol.

3) OCCUPATION DU SOL.

Située dans un ensemble régional où le taux de boisement dépasse 80 %, la zone d'investigation de Pissos est couverte d'une pinède de qualité variable; elles est jeune du fait des nombreux incendies qui l'ont atteinte depuis 1940.

L'habitat se limite aux hameaux de Dagnague et Escoursolles. Chacun d'eux est accompagné sur sa bordure occidentale, par une région de cultures de 50 ha environ. Les cultures sont, en fait, discontinues et comportent de nombreux flots forestiers. De plus, dans la moitié ouest, près des routes forestières 23 et 245, on note trois grandes surfaces cultivées totalisant 1 000 ha environ et consacrées à la culture irriguée du maïs.

Le réseau de pistes forestières et de pare-feu est dense, surtout autour des habitations à partir desquelles il s'organise. Il est à la fois plus lâche et plus rectiligne dans la partie occidentale. L'aspect

sinueux et le nombre important des chemins forestiers suffisent pour souligner le relief tourmenté des abords de la Grande Leyre. Des fossés prolongent en amont les quelques ruisseaux drainant la rive gauche de la Grande Leyre et constituent à l'Ouest de Dagnague et Escoursolles l'unique réseau hydrographique d'une région qui en était initialement dépourvue.

C. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les travaux effectués sur la lande et le sous-bois des Landes de Gascogne d'une part, et sur l'évolution de leur composition floristique d'autre part, ont été en particulier l'œuvre du Service de la Carte de la Végétation de la France, à Toulouse. Leur aboutissement fut, en 1955, la publication par C. LEREDDE et G. LASCOMBES, de la carte de la végétation de Mont-de-Marsan qui présente un schéma définissant les types de landes que l'on peut rencontrer dans le massif landais, en fonction de deux paramètres principaux : la fertilité et l'humidité du sol. De plus, les auteurs considèrent l'action humaine comme l'un des facteurs déterminants de la physionomie et de l'évolution de la végétation.

La présente étude de la végétation de la Grande Lande à Pissos a été réalisée en fonction du seul critère humidité du sol.

1) LE TABLEAU FLORISTIQUE DIAGONALISÉ (tabl. I).

Le parcours du site de Pissos confronté à l'étude des cartes d'étiage et de crue permet de conclure que la végétation est très sensible à l'intensité du drainage créé par le réseau hydrographique de la Grande Leyre; c'est là, en dehors de toute étude du niveau piézométrique, l'unique preuve que nous ayons d'affirmer que les landes identifiées à Pissos sont l'image entre autres facteurs, du régime piézométrique local.

C'est selon ce critère que les espèces et les relevés ont été disposés sur deux axes orthogonaux. Sur l'axe des relevés, le gradient positif de drainage est

orienté de gauche à droite. Dans la mesure où chaque espèce de référence caractérise un régime piézométrique particulier, sa fréquence s'organise autour de ce régime, son abondance-dominance diminuant à gauche et à droite quand on s'en éloigne. Cette disposition fait appel à la notion de fidélité des espèces de référence au groupe de relevés; chacune d'elles est une espèce caractéristique du groupe auquel elle appartient. La juxtaposition des groupes est, à l'image de la constance du gradient, continue et progressive d'une espèce caractéristique à l'autre et ce, pour éviter toute présence accidentelle d'une espèce de référence en deux groupes de relevés non successifs qui lui ôterait sa qualité de caractéristique. C'est à partir de cette notion de fidélité que les types de lande sont individualisés; en ce sens, la continuité voulue lors de l'établissement du tableau floristique est justifiée.

Le découpage en types de lande est fait à partir de quatre espèces caractéristiques, et de leur chevauchement éventuel; il est effectué avec le souci d'individualiser les divers types de paysage reconnus sur le site. Nous distinguons huit types de lande :

- la lande à *Molinia coerulea* caractérisée par la seule présence de la molinie;
- la lande à *Molinia coerulea* et *Erica tetralix*. Les coefficients d'abondance-dominance de ces deux espèces varient respectivement entre 4 et 5, + et 1;
- la lande à *Erica tetralix* dans laquelle l'importance relative de cette espèce par rapport à la molinie est plus grande;
- la lande à *Molinia coerulea* et *Pteris aquilina* déterminée par la présence simultanée de ces deux espèces;
- la lande à *Pteris aquilina* caractérisée par la présence exclusive de la fougère, sauf pour quelques relevés dans lesquels la molinie est présente mais en importance très réduite en regard de la fougère;
- la lande à *Pteris aquilina* et *Helianthemum alyssoides*;
- la lande à *Helianthemum alyssoides* caractérisée par l'hélianthème uniquement;
- la lande à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* dominantes, enfin, se distingue par l'absence d'espèces caractéristiques. La position en classe V de ces deux

espèces dans l'histogramme de présence en fait des indifférentes; toutefois, c'est à ce niveau qu'elles atteignent le plus fort coefficient d'abondance-dominance (2).

On mesurera plus clairement le pourquoi d'un tel découpage en consultant le diagramme exprimant la classe de présence des quatre espèces caractéristiques en fonction des landes individualisées; chaque point est pondéré par le coefficient d'abondance-dominance le plus adopté par l'espèce prise en compte dans la lande considérée (fig. 6).

Ce diagramme montre la faible valence écologique d'*Erica tetralix* et *Helianthemum alyssoides* en regard de *Molinia coerulea* et *Pteris aquilina*. Il est une illustration parfaite de la continuité notée sur le tableau floristique diagonalisé, laquelle rend difficile le cloisonnement en landes. La présence d'*Erica tetralix* en surimpression à *Molinia coerulea* exprime un degré de perception plus fin tendant à distinguer les divers paysages offerts par la lande à molinie; sa présence est un signe d'hydromorphie maximale et nous considérons la lande à *Erica tetralix* comme étant la plus humide.

D'autre part, les positions relatives de la lande à *Helianthemum alyssoides* par rapport aux autres et de l'hélianthème vis-à-vis des autres espèces font que ce type est le plus drainé. Les extrêmes, en ce qui concerne le gradient de drainage, sont donc les landes à *Erica tetralix* pour le pôle humide, et à *Helianthemum alyssoides* pour le pôle sec. Les positions de la lande à *Molinia coerulea* et de la lande à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* dominantes, respectivement à gauche et à droite des pôles humide et sec sur le tableau diagonalisé prouvent leur caractère moins hydromorphe que le pôle humide pour la première et généralement moins drainé que le pôle sec pour la seconde. A leur niveau, le gradient de drainage général du tableau floristique se trouve inversé. Cette observation préfigure entre autres ce que sera le schéma d'évaluation des types de lande applicable à Pissos.

(2) Ce type correspond à la « lande mellifère » décrite dans le mémoire de fin d'études E.N.I.T.A. (Dijon) de J. SAINT-DIDIER.

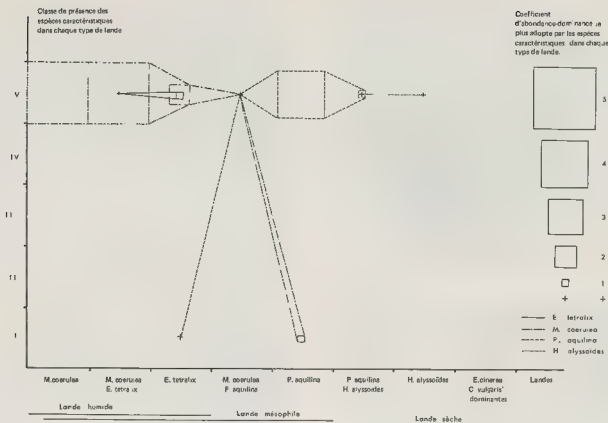


FIG. 6. — Diagramme de présence des espèces caractéristiques.

Dans la nomenclature classique (landes humide, mésophile et sèche), les huit autres types décrits s'inscrivent de la manière suivante :

- Lande humide :
 - Lande à *Erica tetralix*
 - Lande à *Molinia coerulea* et *Erica tetralix*,
 - Lande à *Molinia coerulea*.
- Lande mésophile :
 - Lande à *Molinia coerulea* et *Pteris aquilina*,
 - Lande à *Pteris aquilina*.
- Lande sèche :
 - Lande à *Pteris aquilina* et *Helianthemum alyssoides*,
 - Lande à *Helianthemum alyssoides*,
 - Lande à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* dominantes.

2) PROPOSITION D'UN NOUVEAU SCHÉMA (fig. 7).

L'examen détaillée du tableau floristique et les observations effectuées sur le terrain suggèrent les remarques suivantes :

— les divers types de lande précédemment définis correspondent à une dynamique liée principalement au gradient d'humidité du sol mais aussi à une action humaine plus ou moins marquée ;

— la lande à fougère n'est pas à un stade permanent dans cette dynamique entre le pôle humide et le pôle sec ;

— les landes à *Molinia coerulea* d'une part, à *Pteris aquilina* d'autre part, ne diffèrent de la lande à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* dominantes que par la présence de molinie dans la première, de fougère dans la seconde. Dans ces deux types d'ailleurs, on note une certaine hétérogénéité des

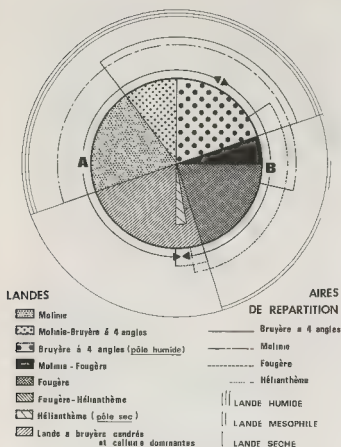


FIG. 7. — Schéma circulaire d'organisation des types de lande suivant le critère d'humidité du sol (valaole pour la Grande Lande à Pissos).

relevés : pour certains d'entre eux l'espèce caractéristique correspondante n'est affectée que d'un faible coefficient d'abondance-dominance, ce qui tend à les rapprocher encore davantage de ceux de la lande à bruyères dominantes;

— l'hélianthème n'est représenté géographiquement que sur des aires restreintes et toujours relativement localisées. Il s'ensuit que le pôle sec peut être en certaines zones représenté non par la lande à hélianthème mais par la lande à bruyères dominantes;

— enfin, la lande à fougère peut évoluer directement vers le terme le plus sec, sans passer par la lande à bruyères dominantes.

Ces remarques conduisent à l'élaboration d'un

schéma de représentation circulaire de ces types de lande, suivant deux dynamiques possibles (A et B, fig. 7), conduisant du pôle humide à *Erica tetralix* au pôle sec à *Helianthemum alyssoides*. Le secteur angulaire reflète la surface relative couverte par chacun d'entre eux sur le site de Pissos. Ce schéma rend compte, en particulier, de la continuité possible entre les landes à molinie ou à fougère et celle à bruyères dominantes.

La dynamique A est composée successivement des landes suivantes :

- lande à *Erica tetralix*,
- lande à *Molinia coerulea* et *Erica tetralix*,
- lande à *Molinia coerulea*,
- lande à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* dominantes,
- lande à *Helianthemum alyssoides*, éventuellement.

Cette situation est justifiée sur le terrain essentiellement dans la moitié sud du site.

L'autre suite de landes (B) est ordonnée dans la portion droite du diagramme et comprend successivement :

- lande à *Erica tetralix*,
- lande à *Molinia coerulea* et *Pteris aquilina*,
- lande à *Pteris aquilina*,
- lande à *Pteris aquilina* et *Helianthemum alyssoides* ou lande à bruyères dominantes,
- lande à *Helianthemum alyssoides*, éventuellement.

Cette succession s'observe le plus souvent dans la moitié nord du site, et près de la Grande Leyre. C'est dans les secteurs mésophiles où l'action de l'homme se fait le plus sentir qu'apparaissent les types à fougère aigle. Il semble donc, en accord avec G. LASCOMBES (1947), que la dynamique (B) soit directement liée à une action anthropique intense dont les modalités seront étudiées ultérieurement.

Du seul point de vue représentatif, le schéma que nous proposons et en particulier la continuité lande à *Molinia coerulea* — lande à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* dominantes, est donc en accord avec la réalité. En représentant le chevauchement effectif des aires de répartition de chacune des

quatre espèces de référence, il traduit leur dynamique spatiale déjà relevée sur le tableau floristique.

Cette dynamique située au niveau de chaque espèce de référence se manifeste par l'évolution de leur coefficient d'abondance-dominance mettant en cause l'intégrité des landes individualisées. Le meilleur exemple de cette situation qui illustre parfaitement la continuité du tapis végétal, réside dans l'hétérogénéité que nous avons relevée dans les landes à molinie et à fougère; il est concevable de considérer les relevés dont le coefficient d'abondance-dominance de *Molinia coerulea* est 4 ou 5, comme constitutifs de la lande à molinie stricte; en conséquence, les relevés dans lesquels *Molinia coerulea* est moins abondante (+ ou 1) constitueraient une variante sèche de la lande à *Molinia coerulea* ou une lande à bruyères dominantes avec de la molinie. Il en est de même en ce qui concerne la lande à *Pteris aquilina* dans laquelle la variabilité du coefficient d'abondance-dominance de cette espèce est maximale (+ à 5); ainsi les relevés caractérisés par une faible abondance-dominance de la fougère (+ ou 1) seraient les éléments d'une lande à bruyères dominantes avec de la fougère.

Ces deux exemples suffisent à montrer les difficultés rencontrées lors de l'individualisation des types de lande, et à l'instar de C. LEREDDE en 1947, nous n'échappons pas à l'aspect incontrôlable de la nature.

Prolongée à l'échelle du site auquel elle apporte une diversification progressive du paysage, la dynamique spatiale de la végétation rend aléatoire le cloisonnement en landes et l'attribution d'un nom à chacune d'entre elles, l'un et l'autre ayant un caractère trop absolu.

A la lumière de ces réflexions, l'établissement du schéma des types de lande applicable à Pissos, bien que différent du tableau de C. LEREDDE sur le fond, suggère les mêmes réserves quant à la forme, et à ce titre, fait figure de compromis.

3. ETUDE PÉDOLOGIQUE.

Les 147 sondages pédologiques effectués à la tarière révèlent la grande diversité des sols, à Pissos.

Globalement, le gradient de drainage installé par le réseau hydrographique de la Grande Leyre, homologue d'un drainage cependant moins intense lors de la formation des sols, traduit d'Ouest en Est la tendance générale à un lessivage et l'approfondissement des horizons B et leur évolution vers une formation aliotique. Toutefois, on retrouve des sols non lessivés dans les bas-fonds proches de la Grande Leyre.

Cette tendance globale de l'évolution spatiale des sols ne doit pas faire oublier la grande variabilité qui les caractérise et qui est directement liée à la topographie du plateau landais (buttes, dunes, talus, terrasses). Cette variabilité est la plus accusée dans les landes humide et mésophile et près de la Grande Leyre.

Il n'y a donc pas un sol qui caractérise réellement chaque type de lande, mais plutôt une famille de sols exprimant une certaine tendance (hydromorphie ou lessivage).

Ainsi la lande humide est dominée par le podzol hydromorphe sans alios, signe de lessivage très réduit : l'horizon B d'accumulation brun-roux n'est pas de type aliotique par manque de ciment humo-ferrique. Dans les bas-fonds, *Erica tetralix*, abondante, repose le plus souvent sur des sols humiques à gley; à l'opposé, sur les buttes mieux drainées, la profondeur plus importante de la nappe a permis la formation d'une couche aliotique : le sol est un podzol hydromorphe à alios, sans horizon A₂ différencié. En certaines stations très humides, à la faveur d'un fossé recoupant successivement une dépression et une butte, il est aisé de noter la couche aliotique en forme de lentille au niveau de la butte, couche absente dans la dépression plus hydromorphe.

Les sols les plus abondants en lande mésophile sont des podzols hydromorphes à alios, sans horizon A₂ différencié; ils sont surtout très répandus au contact de la lande humide, en lande à *Molinia coerulea* et *Pteris aquilina* notamment. Dès que le relief s'accuse, au Nord d'Escoursolles, à l'approche de la formation duinaire, le sol devient nettement de type drainé. La topographie est telle que la nappe

phréatique se trouve éloignée en profondeur tout au long de l'année et favorise la présence d'un podzol légèrement hydromorphe à A_2 différencié de couleur beige, et à alios. Près de la Grande Leyre, sur la terrasse moyenne occupée par la lande à fougère, le profil du sol est plus complexe; généralement de type podzol hydromorphe sans horizon A_2 différencié, le sol disparaît sous une couche de colluvions d'une épaisseur variable, probablement issus de la terrasse supérieure.

Cette situation demeure en lande à fougère et hydromorphe, à A_2 différencié et à alios. Le podzol non hydromorphe, signe d'un drainage intensif est situé indifféremment en lande à *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* dominantes et en lande à *Helianthemum alyssoides* mais il n'y est pas exclusif; en effet, l'alios très dur qui le distingue est irrégulier et de nombreuses stations de la lande sèche en sont dépourvues, leur sol est alors un podzol légèrement hydromorphe dont l'horizon A_2 de couleur beige est superposé à un horizon B aliotique nettement moins dur.

Les liens existant entre la qualité des horizons pédologiques et celle de la lande ne sont pas d'une grande constance: l'action de facteurs extérieurs tels le débroussaillage, l'assainissement ou l'incendie paraît plus déterminante sur l'évolution de la végétation, modifiant au moins momentanément la nature de la lande, sans porter atteinte à la qualité du sol, hormis la partie supérieure de l'horizon A.

CONCLUSION

Si la relative pauvreté floristique est un des caractères du massif forestier landais, elle n'en est pas pour autant synonyme de simplicité. La végétation landaise est en permanence le reflet synthétique des conditions de milieu et de l'histoire de la lande directement liée à l'homme.

Dans ce premier essai relatif à la région de Pissos, nous n'avons pris en compte que le paramètre humidité du sol qui paraît, *a priori*, le plus déterminant. Les études que nous poursuivons actuellement ont

pour objectif d'intégrer l'ensemble des facteurs écologiques et anthropiques dans l'établissement d'un schéma des types de lande généralisé à tout le massif landais.

BIBLIOGRAPHIE

- CAZENAVE (A.), 1970. — Contribution à l'étude de l'alios. *Thèse de 3^e cycle*, Université de Bordeaux, 1 vol., 196 p.
- CASTAING (P.), KLINGEBIEL (A.), 1970. — Interprétation dynamique des caractéristiques granulométriques de quelques formations quaternaires du Bordelais. *Bull. Soc. géol. de France*, 7^e sér., **XII** (2), 169-173.
- COTTINET (D.), 1974. — Contribution à l'étude des fluctuations de la nappe du massif forestier landais. *Thèse de 3^e cycle*, Université de Bordeaux, 1 vol., 93 p.
- DEMOUNEM (R.), 1968. — Influence du type de sol forestier sur la croissance des espèces arbustives du sous-bois des Landes de Gascogne. *C.R. Acad. Sc.*, sér. D, **266** (14), 1501-1504.
- DUCHAUPÉUR (P.), 1976. — Atlas écologique des sols du monde. *Masson éd.*, Paris, 1 vol. 178 p., 20 pl.
- LASCOMBES (G.), 1947. — L'action de quelques facteurs sur la composition floristique des Landes de Gascogne. Extrait de « La restauration de la région landaise », *Congrès de l'A.F.A.S.*, Toulouse, 5 p.
- LASCOMBES (G.), LEREDDE (C.), 1955. — Carte de la végétation de la France. Feuille de Mont-de-Marsan, de Toulouse, **86**, 372-378.
- LEIGAN (P.), 1970. — Quelques précisions à propos du « sable des Landes ». *C.R. Soc. Géol. de France*, **4**, 116-117.
- LEREDDE (C.), 1947. — Notice sur la lande et le sous-bois des Landes de Gascogne. Extrait de « La restauration de la région landaise », *Congrès de l'A.F.A.S.*, Toulouse, 7 p.
- REY (P.), 1951. — L'évolution de la végétation dans la Grande Lande de Gascogne. *Bull. Soc. Hist. nat. de Toulouse*, **86**, 327-378.
- SAINT-DIDIER (J.), 1976. — Nature et évolution de la végétation de la Grande Lande à Pissos. *Mémoire de fin d'études E.N.I.T.A.*, Dijon, 1 vol., 115 p.
- SARGOS (R.), 1949. — Contribution à l'histoire du boisement des Landes de Gascogne. *Delmas éd.*, Bordeaux, 1 vol. 836 p., 125 photog., cartes et plans.
- TOULGOUAT (P.), 1975. — La vie rurale dans l'ancienne lande. *Marrimpouey Jeune éd.*, Pau, 1 vol., 105 p.

INFLUENCE DU LESSIVAGE DES SOLS DES BASSINS VERSANTS NORD SUR LA POLLUTION BACTÉRIENNE DES EAUX DE L'ÉTANG DE THAU

par Annie TESTE-CRISTOFOLI
et Bernard BALEUX

Laboratoire d'Hydrobiologie Marine et Continentale
Université des Sciences et Techniques du Languedoc
34060 Montpellier Cedex - France

RÉSUMÉ

La pollution bactérienne des eaux de l'étang de Thau, est en partie sous la dépendance des eaux qui drainent les bassins versants.

L'étude quantitative des bactéries témoins de contamination fécale (coliformes et streptocoques fécaux) présentes dans les eaux des ruisseaux Pallas et Vène qui drainent les bassins versants Nord fait apparaître que l'apport dû au lessivage des sols (garrigues, vignes, jardins) est très faible (quelques dizaines de coliformes et streptocoques fécaux par millilitre) par rapport à celui dû aux rejets des stations d'épuration des eaux usées des agglomérations (1.10^4 coliformes et 5.10^4 streptocoques fécaux/ml). De plus cet apport polluant reste élevé, même lorsque les précipitations sont de longues durées, par remise en suspension des boues riches en bactéries. Le pouvoir auto-épurateur des eaux des ruisseaux de ces bassins versants Nord est pratiquement nul. Enfin les eaux en provenance des nappes aquifères de ces terrains karstiques, sont, en période de pluie, contaminées par des bactéries témoins de pollution fécale.

SUMMARY

Leaching effects of the North drainage basins on the bacterial pollution of the Thau mere brackish waters.

The bacterial pollution of the Thau mere waters partly depends on the waters coming from the drainage basins

Fecal coliform and fecal streptococci densities are used to indicate fecal contamination of the Pallas and Vène brook waters issuing from the north drainage basins. The quantity of fecal bacteria due to the leaching of the soils (garrigues, vineyards and gardens) is very small (about ten coliforms and fecal streptococci per milliliter) compared to the quantity due to the effluents from filtering stations of town waste waters (1.10^4 coliforms and 5.10^4 fecal streptococci/ml). Besides this bacterial pollution remains very high, even when the rainfalls are long, because of the sediment rich in bacteria which are brought back to the pool. The purifying property of the running water in the north drainage basins is practically non-existent. More over the waters coming from the water tables in these karstic grounds are contaminated in rainy periods by fecal bacteria.

INTRODUCTION

L'élevage des coquillages pratiqué dans les eaux saumâtres de l'étang de Thau représente, au niveau de l'économie du département de l'Hérault, l'équiva-

lent du secteur de la vente des fruits et légumes soit environ 70 000 000 de francs. Or cet élevage est menacé périodiquement par la pollution de l'eau de l'étang. Cette pollution est le fait particulièrement de la présence de bactéries et virus dont l'origine animale ou humaine ne fait pas de doute. FAUVEL

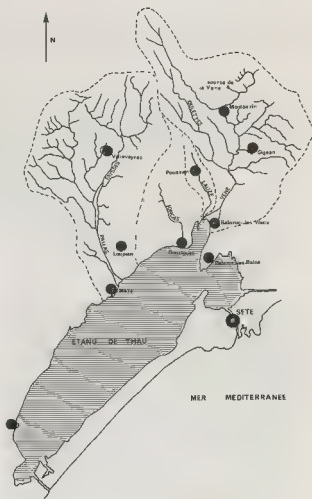
(1967) a étudié la pollution bactérienne des eaux et des coquillages de cet étang, et a montré que cette pollution augmentait en période de pluie. LAVENU (1972) a précisé l'hydrologie du bassin et l'évolution des rejets et des apports d'eau douce dans l'étang à partir de documents obtenus par la détection des radiations infrarouges (téléédétection). Enfin en 1973 HIOT et PIMPARE ont étudié la pollution chimique apportée par les eaux superficielles et en particulier par celles du bassin versant Nord de l'étang. D'autre part plusieurs auteurs dont DELMAS (1961), BERTRAND (1967) et SUCHON (1973) ont fait des études géologiques et hydrologiques portant sur les nappes karstiques des bassins de Villeveyrac et de Montbazin-Gigean alors qu'antérieurement AUDOIN (1962) avait étudié la dynamique des eaux de l'étang et le mécanisme d'échange mer-étang.

Le but de la présente étude est de montrer si la pollution bactérienne de l'eau de l'étang est sous la dépendance ou non des eaux de lessivage des sols des bassins versants Nord de cet étang. Cette étude porte sur le dénombrement des germes totaux (hétérotrophes aérobies) et des bactéries indicatrices de pollution animale ou humaine (Coliformes, Streptocoques fécaux) dans des échantillons d'eau prélevés périodiquement en des sites choisis des bassins de Villeveyrac et de Montbazin-Gigean. Cette région est sous le régime climatique méditerranéen, c'est-à-dire, une longue période estivale de sécheresse entrecoupée de forts orages et de périodes automnales et printanières de pluies plus persistantes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'ÉTANG DE THAU ET LES BASSINS VERSANTS NORD ÉTUDIÉS (Carte 1).

L'étang de Thau dominé par la localité de Sète a une longueur de 19,5 km pour une largeur de 4,5 km. La profondeur est en moyenne de 4 m, elle peut atteindre 10-11 m au centre de l'étang. Le bassin de



CARTE 1. — Bassins versants nord de l'étang de Thau.

Thau est séparé de la mer par un mince cordon littoral. Cependant, par l'intermédiaire des canaux parcourant le port de Sète, des échanges se produisent entre la mer et l'étang.

Le bassin versant étudié est limité au Nord par les massifs jurassiques des Travers, de la Moure et du Pioch Redon constituant une limite naturelle. Au Nord-Est la séparation avec le bassin versant de la Mosson se fait à la faveur d'une ligne de crêtes coupant transversalement le fossé d'effondrement de Montbazin-Gigean. Au sud de ce fossé, le massif jurassique de la Gardiole limite vers l'Est ce bassin

versant. A l'Ouest la limite est la ligne de colline qui sépare le bassin versant du Pallas de celui de l'Aigues-Vaques. La surface des bassins versants Nord étudiés est approximativement de 250 km².

BASSIN DE MONTBAZIN-GIGEAN DRAINÉ PAR LA VÈNE (Carte 2).

La Vène prend sa source le long de la Départementale 5 entre Courmonterral et Montbazin. Jusqu'à Montbazin aucun effluent notable ne se jette dans ce ruisseau.

A la sortie de Montbazin l'effluent provenant de la station d'épuration des eaux usées du bourg et l'effluent formé par les rejets de la Cave coopérative

vinicole auxquels s'ajoutent les égouts non collectés par le réseau se jettent dans la Vène. Entre Montbazin et Gigean la Vène reçoit un effluent qui draine la partie N.O. du bassin.

A proximité de Gigean elle reçoit un ruisseau, qui après avoir traversé le village, draine les effluents de la station d'épuration des eaux usées.

En aval de Gigean, le ruisseau des Oulettes et la source immergée d'Issanka constituent les deux derniers apports de la Vène avant son embouchure dans la crique de l'Angle située au Nord de l'étang de Thau

BASSIN DE VILLEVEYRAC DRAINÉ PAR LE PALLAS (Carte 3).

Le Pallas est le plus important ruisseau qui se jette dans l'étang de Thau.

Il se compose :

- du ruisseau des Faysses qui est uniquement alimenté par les pompages effectués dans les mines de bauxite du Nord du bassin ;
- du ruisseau de Villeveyrac qui reçoit les effluents traités de la station d'épuration de ce village ;
- du Pallas lui-même qui ne reçoit que quelques effluents en provenance de maisons isolées.

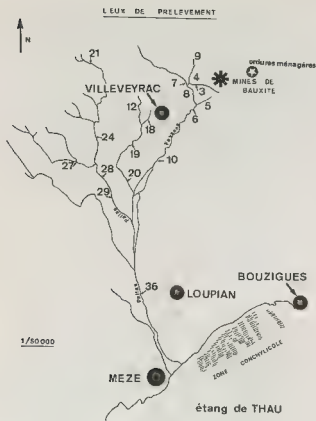
Ces différents ruisseaux se regroupent au lieu-dit la Rouquette pour former le Pallas. Après le rejet des eaux usées de Loupian, traversant une zone marécageuse, le Pallas se jette dans l'étang de Thau à proximité de Mèze.

Les points de prélèvement.

Les points de prélèvement sont au nombre de 16 sur le cours de la Vène et de 17 sur le cours du Pallas. Leurs situations sont représentées sur les cartes n° 2 et 3. Ces points de prélèvement ont été choisis en fonction des rejets éventuels rencontrés le long du cours des deux ruisseaux étudiés. Le dernier point de prélèvement (16) sur la Vène est situé en amont de l'exsurgence d'Issanka. Ce point peut



CARTE 2. — Bassin de la Vène.



CARTE 3. — Bassin de Pallas.

paraître éloigné de l'embouchure mais il a été choisi pour éviter le facteur de dilution qu'apporte l'exsurgence d'Issanka. De même le dernier point de prélèvement sur le Pallas a été choisi en amont du ruisseau qui apporte les eaux en provenance du rejet de la station d'épuration de Loupian.

Méthode du dénombrement bactérien.

La méthode choisie est celle de l'étalement de l'échantillon à la surface de milieux nutritifs gélosés coulés en boîte de Petri ou « Spread plate procedure ». Cette méthode est préconisée par de nombreux auteurs tels que GAYFORD et RICHARDS (1970), BENEDICT et CARLSON (1971), PIKE et coll. (1972), BIANCHI et BIANCHI (1972), GUTHRIE et coll. (1974), STRASKRABOVA (1974), DONDESKI et STRZELCZYK

(1974), BALEUX (1976). Par contre la méthode qui consiste à verser le milieu nutritif gélosé avant sa solidification (50-55 °C) sur l'échantillon ou « pour plate procedure » n'a pas été utilisée pour éviter un choc thermique possible tel que l'ont montré KLEIN et Wu (1974).

Après avoir coulé le milieu nutritif adéquat en boîte de Petri on laisse sécher parfaitement le milieu. 0,1 ml de la dilution choisie ou de la solution mère est étalé soigneusement sur la surface du milieu gélosé nutritif à l'aide d'une potence de verre flambée. L'incubation est faite à 25 °C pour les bactéries hétérotrophes aérobies et à 37° et 44 °C pour les Streptocoques fécaux et les Coliformes. Le comptage direct des colonies développées entre 48 h et 6 jours d'incubation correspond au nombre de germes vivants présents dans l'eau. Il est exprimé par ml.

Pour que cette méthode soit cohérente il faut que le nombre de bactéries se développant à la surface du milieu nutritif gélosé n'excède pas 100 colonies. Il faut donc procéder la plupart du temps à une dilution de l'échantillon. Cette dilution est pratiquée en eau distillée stérile de 1/10° en 1/10°. C'est là une étape importante car les résultats obtenus sont directement fonction du soin apporté dans la pratique de cette technique.

La technique qui consiste à concentrer les germes sur une membrane filtrante et à cultiver ceux-ci sur la membrane elle-même (BRODSKY et SCHIEMANN, 1975, 1976), quoique testée dans ce travail, n'a pas été retenue car les eaux se sont révélées être beaucoup trop chargées en bactéries et les colonies confluentes ne permettent pas une étude biochimique détaillée en vue d'identification plus élaborée.

Les milieux de culture.

- gélose nutritive B.D. Merieux pour numération des bactéries hétérotrophes aérobies ;
- gélose au desoxycholate-Lactose B.D. Merieux pour numération des Coliformes ;
- gélose D. coccosel B.D. Merieux pour numération des Streptocoques fécaux ;

- galerie API Entérobactériaceae pour détermination des espèces bactériennes composant la famille des entérobactéries.

RÉSULTATS

Les résultats présentés sont de trois ordres. Ceux obtenus à partir des prélèvements effectués en période de sécheresse, juin 1975. Ceux obtenus à partir des prélèvements effectués en période de pluie : pluies d'orages suivant une longue période sèche (décembre 1975) et après une longue période de pluie (avril 1977).

EN PÉRIODE DE SÉCHERESSE.

Sur le bassin de la Vène.

L'évolution dans l'espace du nombre de bactéries présent dans les eaux de la Vène est représentée sur la figure 1.

Au point 4, sur le ruisseau des Oulettes qui ne reçoit pratiquement aucun ou peu d'affluents domestiques, le nombre de bactéries hétérotrophes aérobies est en moyenne de 20 cellules/ml d'eau, et celui des germes témoins de contamination fécale est nul.

Aux points D (sur la Vène dans Montbazin en amont du rejet de la station d'épuration) et 10 (effluents de la Cave coopérative viticole) le nombre de bactéries hétérotrophes aérobies est de l'ordre de 10^6 /ml, celui des coliformes varie de $5 \cdot 10^3$ à $3 \cdot 10^4$ /ml et celui des Streptocoques fécaux de $2 \cdot 10^3$ à $3 \cdot 10^4$ /ml.

Aussi élevés sont les nombres de germes présents aux points C, 15 a et 15 b respectivement situés, au confluent de l'effluent de la station d'épuration de Montbazin et de l'effluent de la cave coopérative viticole, sur l'effluent de la station d'épuration de Gigan, au confluent des rejets de Montbazin et de Gigan. Le nombre de germes totaux est voisin de $4 \cdot 10^6$ /ml, celui des coliformes est de $6 \cdot 10^5$ /ml et $2 \cdot 10^5$ /ml pour celui des Streptocoques fécaux au

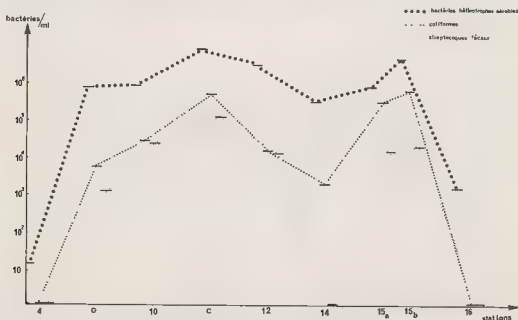


FIG. 1. — Dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et des bactéries témoins de contamination fécale dans les eaux de la Vène. Période sèche estivale

point C. Ces chiffres sont du même ordre de grandeur pour le point 15 b et légèrement inférieur pour le point 15 a.

Enfin en suivant le cours du ruisseau, à la station 16, point le plus proche de l'embouchure, le nombre de bactéries hétérotrophes aérobies est de l'ordre de $1 \cdot 10^3$ /ml et la numération des coliformes et des streptocoques fécaux, sur le même échantillon d'eau est nulle.

Sur le bassin du Pallas (fig. 2).

Aux stations 3, 4 et 10 le nombre de germes totaux est compris entre $5 \cdot 10^2$ et $1 \cdot 10^3$ /ml et celui des coliformes par ml est compris entre quelques unités et quelques dizaines.

Totalement différents sont les résultats obtenus aux points 18 et 19. Ces stations sont situées sur le ruisseau de Villeveyrac, ruisseau qui reçoit les effluents de la station d'épuration de ce village. A la station 18 le nombre de germes totaux est de l'ordre

de $4 \cdot 10^8$ /ml et parallèlement celui des coliformes est de $6 \cdot 10^5$ /ml alors que celui des streptocoques fécaux est voisin de $1 \cdot 10^4$ /ml.

Une diminution sensible de l'ensemble des bactéries est constatée de la station 18 à la station 19 qui se trouve à environ 1 km en aval. Cette diminution se poursuit à la station 20 elle-même située en aval de la station 19.

Le nombre de germes témoins de contamination fécale est nul dans les eaux prélevées aux points 28 et 29. Ceux-ci sont situés sur le Pallas avant le confluent du ruisseau de Villeveyrac et celui des Faysses. La partie du Pallas en amont du point 28 ne draine que des eaux en provenance de garrigues et terrains peu cultivés où les habitations sont rares.

A la station 36, dernier point de prélèvement avant l'embouchure du Pallas dans l'étang de Thau, le nombre de germes totaux est de $1 \cdot 10^3$ /ml. La présence des streptocoques fécaux est pratiquement nulle et le nombre des coliformes présents dans l'eau est voisin de 50 coliformes/ml.

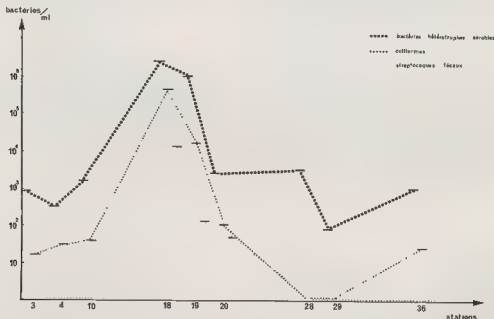


FIG. 2. — Dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et des bactéries témoins de contamination fécale dans les eaux du Pallas. Période sèche estivale.

A noter que les derniers chiffres doivent être certainement majorés pour l'eau qui se jette dans l'étang de Thau. En effet comme nous l'avons déjà expliqué entre la station 36 et l'embouchure se situe le rejet des effluents en provenance de la station d'épuration de Loupian.

EN PÉRIODE DE PLUIES (ORAGES) APRÈS UNE LONGUE PÉRIODE DE SÉCHERESSE.

Sur le bassin de la Vène (fig. 3).

Aux points 5, 8 et 9 qui se situent en amont de Montbazin l'eau de ruissellement contient entre $2 \cdot 10^2$ et $9 \cdot 10^2$ germes totaux/ml. On dénombre également entre 50 et 70 coliformes/ml et les streptocoques fécaux, absents à la station 5, sont de l'ordre de quelques dizaines aux deux autres points de prélèvement.

Sur les deux rejets de Montbazin (D et 10) le nombre de coliformes est de $1 \cdot 10^3$ et même $1 \cdot 10^5$ à la station C qui est sur le confluent des deux rejets.

Les streptocoques fécaux sont également à un taux élevé : $1 \cdot 10^3$ /ml pour D et 10 et $1 \cdot 10^4$ /ml pour la station C.

Le taux de pollution par les germes témoins de contamination fécale diminue légèrement à la station 12 ($1 \cdot 10^4$ coliformes/ml et $6 \cdot 10^3$ streptocoques fécaux/ml). Le taux de $1 \cdot 10^4$ coliformes/ml va rester pratiquement constant aux points B, 14, 15 a, 15 b et 16. Celui des streptocoques fécaux va fluctuer légèrement autour d'une valeur de $3 \cdot 10^3$ /ml.

Sur le bassin du Pallas (fig. 4).

Les échantillons prélevés aux stations situées sur le ruisseau des Faysses (3, 4, 6 et 10) et à celle située sur le ruisseau de Villeveyrac en amont du village (12) contiennent une centaine de coliformes et de streptocoques fécaux par millilitre.

Au point 18 (rejet de la station d'épuration de Villeveyrac) on assiste à une brusque remontée des coliformes et des streptocoques fécaux ($10\,000$ coliformes/ml et $75\,000$ S.F./ml). Ces valeurs ont ten-

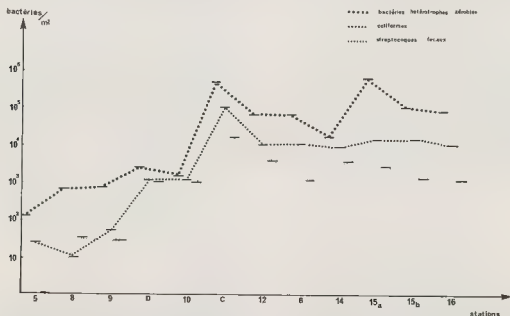


FIG. 3. — Dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et des bactéries témoins de contamination fécale dans les eaux de la Vène. Premiers orages automnaux.

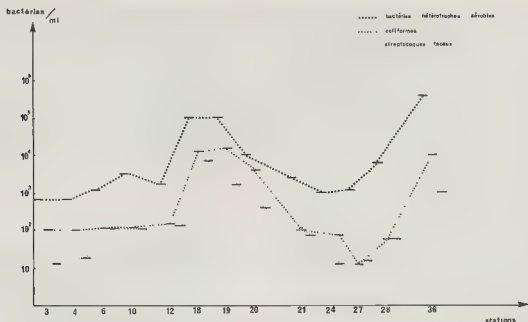


FIG. 4. — Dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et des bactéries témoins de contamination fécale dans les eaux du Pallas. Premiers orages automnaux.

dance à diminuer aux points 19 et 20 situés en aval (10 000 et 6 000 coliformes/ml et 2 000 et 700 S.F./ml).

Beaucoup plus discret est le taux de pollution de l'eau du Pallas et de ses affluents avant le confluent d'avec les ruisseaux de Villeveyrac et des Faysses. On trouve en moyenne au point 21 une centaine de coliformes et de S.F., de même qu'aux points 24 et 28. Enfin la station 27 est encore moins polluée (une dizaine de coliformes est de S.F.).

Au point 36 situé sur le Pallas proprement dit le nombre de Coliformes par millilitre est de 1.10^4 , celui des streptocoques fécaux est de 1.10^3 /ml.

PÉRIODE DE PLUIES APRÈS UN LONG LESSIVAGE DU SOL.

Sur le bassin de la Vène (fig. 5).

Aux points 1 et 4 sur le ruisseau des Oulettes, 5, 8 et 9 sur la Vène avant la traversée de Montbazin, le nombre de coliformes et de streptocoques fécaux de l'eau de ruissellement est pratiquement nul. Il en

est de même au point D. Par contre au point C le dénombrement devient positif pour les coliformes : 5.10^2 /ml et pour les Streptocoques fécaux : 1.10^2 /ml.

Les échantillons d'eau prélevés aux points 10 et 12 contiennent une dizaine de coliformes et de streptocoques fécaux. Ces chiffres augmentent au point B pour atteindre une valeur comparable à celle de la station C. C'est au point 15 a (effluent de la station d'épuration de Gigan) que le taux de coliformes et de S.F. est le plus élevé ; il est respectivement de 1.10^4 coliformes/ml et 1.10^3 S.F./ml.

Ces chiffres diminuent dès le mélange des eaux (point 15 b) en provenance de la Vène et du ruisseau de Gigan (coliformes 1.10^3 /ml et S.F. 1.10^2 /ml) et ces valeurs restent les mêmes au point 16.

Sur le bassin du Pallas (fig. 6).

Les prélèvements effectués aux points 3, 4, 6 et 10 situés soit sur les ruisselets formant le ruisseau des Faysses, soit sur le ruisseau des Faysses lui-même

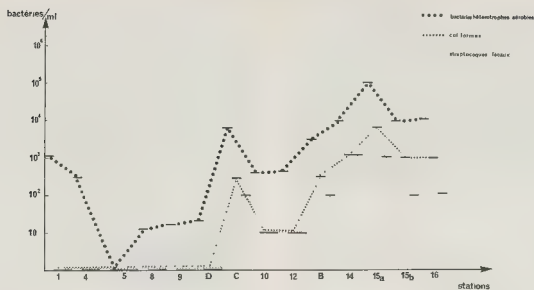


FIG. 5. — Dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et des bactéries témoins de contamination fécale dans les eaux de la Vène. Après les longues pluies printanières.

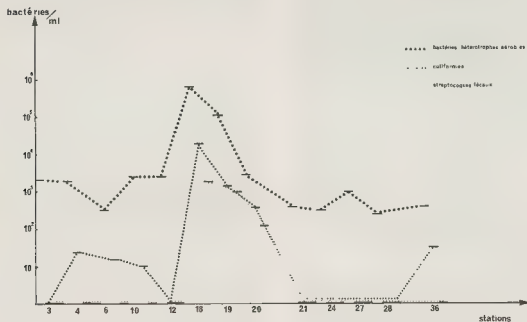


FIG. 6. — Dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et des bactéries témoins de contamination fécale dans les eaux du Pallas. Après les longues pluies printanières.

et au point 12 sur le ruisseau de Villeveyrac en amont du village sont bactériologiquement peu pollués (de zéro à 40 coliformes/ml et absence de S.F.).

Après le rejet de la station d'épuration de Villeveyrac (point 18) le nombre de coliformes et de streptocoques fécaux est très élevé ($3 \cdot 10^4$ /ml et

5. 10^3 /ml). En aval ce nombre diminue, Point 19 : 1. 10^3 coliformes/ml, et 8. 10^2 S.F./ml; Point 20 : 5. 10^2 coliformes/ml et 2. 10^2 S.F./ml.

Dans les ruisselets formant le ruisseau du Pallas et dans lui-même avant le confluent d'avec le ruisseau des Faysses l'eau n'est pratiquement pas polluée, le nombre de coliformes et streptocoques fécaux est nul (points 21, 24, 27, 28).

Enfin à la station 36 si le nombre de streptocoques fécaux demeure nul, par contre celui des coliformes est de 50 cellules/ml.

QUALITÉ DE L'EAU DE LA NAPPE ALIMENTANT LA SOURCE DE LA VÈNE ET DES POMPAGES SUR LE RUISSEAU DES FAYSSES.

En période sèche la source de la Vène ne coule pas. Il n'est donc pas possible d'y effectuer des prélèvements. Cependant la mine de bauxite de Villeveyrac située à l'origine du ruisseau des Faysses (carte 3) pratique des pompages dans cette nappe et une étude bactériologique effectuée sur l'eau des pompages montre que le nombre de coliformes est compris entre zéro et 10/ml et que les streptocoques fécaux sont absents.

En période de pluies soit après des orages soit après une longue période de précipitation les eaux qui jaillissent de la source de la Vène contiennent de quelques dizaines à quelques centaines de coliformes et de streptocoques fécaux. De la même manière les eaux de pompages des mines contiennent un nombre comparable de coliformes et de streptocoques fécaux.

La nappe, qui alimente ces points d'eau, est du type karstique ce qui implique que la propagation d'une contamination éventuelle de cette nappe est très rapide. De fait en période de sécheresse, les infiltrations en provenance du sol sont négligeables, la pollution bactérienne de la nappe est alors très faible si ce n'est nulle. Par contre en période de forte pluie les infiltrations sont très importantes, le taux de pollution de la nappe devient beaucoup plus

élevé par suite du mauvais pouvoir filtrant du karst. Cette augmentation du nombre de germes témoins de contamination fécale de la nappe en période de pluie pourrait être due, au moins en partie, au lessivage des tas d'ordures qui sont situés sur les garigues comme cela est le cas pour celui de Villeveyrac et à la pénétration des eaux polluées vers la nappe est ce sans bonne filtration.

Le dénombrement bactérien effectué sur un échantillon d'eau de ruissellement prélevé en aval du tas d'ordures à la période de pluie d'orage fait apparaître une très forte pollution de cette eau. 1. 10^5 coliformes/ml et 5. 10^4 streptocoques fécaux/ml.

Il est alors raisonnable de penser que ces eaux de lessivage passent en partie à travers le sol et polluent directement les eaux de la nappe karstique sous-jacente. Le reste des eaux de lessivage, par ruissellement, atteint les ruisselets formant les ruisseaux de Faysses.

DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent que les apports bactériens dans les eaux de l'étang de Thau aussi bien par les eaux du bassin du Pallas que celles du bassin de la Vène sont fonction des précipitations.

En l'absence de pluies le débit de ces cours d'eau est négligeable et le taux de pollution bactérienne aux embouchures est relativement faible si ce n'est nul.

Après de forts orages qui suivent la période de sécheresse estivale, et dans le cas de l'année 1975, automnale, le lessivage important qui en découle fait apparaître un degré de pollution bactérienne très élevé (1. 10^4 coliformes/ml et 1. 10^3 streptocoques fécaux/ml).

Après de longues périodes de précipitations, le lessivage continu apporte à l'étang de Thau des eaux encore bactériologiquement polluées, dans le cas du bassin de la Vène (1. 10^3 coliformes et 1. 10^2

S.F./ml). Cette pollution paraît plus discrète dans les eaux du Pallas (50 coliformes/ml et absence de streptocoques fécaux).

La différence qui existe entre les deux bassins versants peut trouver une explication dans la répartition de la population. Le bassin de la Vène draine une région beaucoup plus peuplée et principalement concentrée en deux gros bourgs. Celui du Pallas, en dehors de l'agglomération formée par Villeveyrac, draine une région dont la population se répartit en mas et propriétés isolés.

Il est prouvé par nos résultats que les eaux du ruisseau du Pallas, qui draine une région comportant des maisons isolées, et avant sa confluence avec celui de Villeveyrac, a un taux de pollution bactérienne pratiquement nul en période sèche ou après une longue période de précipitations. Ce taux peut atteindre au maximum une centaine de coliformes et de streptocoques fécaux dans les premières eaux qui coulent après un fort orage. C'est une pollution passagère et temporaire.

Par contre à la sortie des stations d'épuration des eaux usées et quelle que soit cette station, sauf en période de précipitations continues pour la station d'épuration de Montbazin où le taux est inférieur, le taux moyen des coliformes et des streptocoques fécaux varie de $2 \cdot 10^3$ à $5 \cdot 10^6$ /ml et de $1 \cdot 10^3$ à $1 \cdot 10^5$ /ml.

Le taux inférieur trouvé au point C sur la Vène (rejet de la station d'épuration de Montbazin) après une longue période de précipitations peut s'expliquer par le phénomène de dilution dû à l'eau de la Vène dont la source coule abondamment par suite des longues pluies. Cependant ce taux remonte à une valeur importante au point 15 a situé sur le ruisseau recevant le rejet de la station d'épuration de Gigan.

Cet effluent se dilue également lors de sa jonction avec la Vène (point 15 b) mais le taux atteint à cet endroit reste constant tout le long de la Vène jusqu'à la station 16 y compris, malgré l'apport des eaux du ruisseau des Oulettes, eaux en principe peu polluées.

D'une manière générale tous les petits ruisseaux tels que ceux formant le ruisseau des Oulettes, ceux qui drainent la partie Ouest et ceux qui drainent la partie Nord-Est du Bassin du Pallas sont ou bien à sec en période de sécheresse ou bien très peu pollués après une longue période de précipitations. Ce n'est seulement qu'après les premiers orages suivant la période de sécheresse que le taux de pollution bactérienne peut atteindre une centaine de germes témoins de contamination fécale.

Le pouvoir auto-épuration de l'ensemble des ruisseaux des bassins versants étudiés est négligeable compte tenu de la très faible quantité d'eau qui s'écoule en période de sécheresse. La plupart du temps la Vène ne coule pas et les rejets des stations d'épuration s'amenuisent pour finalement stagner dans le lit desséché. Ceci explique que le peu d'eau trouvé à la station 16 soit peu pollué. Il en est de même pour le Pallas bien qu'un filet d'eau s'écoule en permanence au point 36, eau provenant des pompes effectués dans les mines de bauxites.

Les rejets des stations d'épuration des eaux usées qui, comme nous venons de le voir, stagnent dans le lit de la Vène et dans celui du ruisseau de Villeveyrac, forment des boues épaisses et des cloaques où les bactéries en général et les germes témoins de contamination fécale en particulier pullulent. Ces boues par suite de leur haute teneur en substances organiques et sous l'effet de la chaleur servent de milieu de culture bactérien. Ainsi sur la Vène au point C, 1 g de boue contient $2,6 \cdot 10^8$ coliformes et $4 \cdot 10^4$ S.F. alors qu'un millilitre d'eau surnageante contient $2,2 \cdot 10^4$ coliformes et $7 \cdot 10^3$ S.F. A la station 15 a, 1 g de boue contient $2,6 \cdot 10^6$ coliformes et $3,4 \cdot 10^3$ S.F. L'eau surnageante contient $6 \cdot 10^3$ coliformes/ml et $8 \cdot 10^3$ S.F./ml.

Le taux élevé de pollution bactérienne en période de pluie d'orages aux points 16 et 36 situés le plus en aval sur le cours de la Vène et du Pallas est la résultante, de la pollution faible peut-être, mais non négligeable, de la nappe karstique, du lessivage des sols (vignes, garrigues, jardins) et surtout de la remise en suspension des boues qui tapissent le fond de ces ruisseaux.

Ce lessivage qui apporte à l'étang de Thau une eau fortement polluée est compréhensible dans le cas des orages qui suivent une période de sécheresse. Il y aurait « nettoyage » des ruisseaux. Or même après une période de pluie exceptionnellement importante (hiver et printemps 1977) les eaux de la Vène restent toujours polluées à un taux non négligeable : $2 \cdot 10^3$ coliformes/ml et $3 \cdot 10^3$ S.F./ml au point 16. A cette période de grandes pluies le lessivage des sols comme le montre la figure 5 n'apporte aucun germe témoin de pollution fécale, pas plus que l'eau en provenance de la nappe karstique. La pollution bactériologique de la Vène ne peut trouver alors son explication que uniquement dans la remise en suspension des grandes quantités de boues riches en bactéries et dans l'apport permanent des rejets des stations d'épuration qui s'y jettent. Bien que l'hiver et le printemps 1977 ait été exceptionnellement pluvieux le lit de la Vène ne semble pas totalement « nettoyé ».

Durant cette longue période de pluie l'apport polluant de la Vène et, dans une moindre part, celui du Pallas sont restés important pour les eaux de l'étang de Thau.

CONCLUSION

Les eaux en provenance des bassins versants Nord (Vène et Pallas) de l'étang de Thau sont polluées en permanence, mais à des taux variables, par les bactéries témoins de contamination fécale. Cette pollution bactérienne a pour origine principalement celle due à la présence de l'homme et des agglomérations. La pollution due au lessivage des sols est négligeable par rapport à la précédente.

Ces germes témoins de contamination fécale représentent par eux-mêmes une pathogénicité non négligeable mais ces germes risquent fortement d'être accompagnés dans les eaux par d'autres bactéries occasionnellement hôtes de l'intestin animal ou humain telles que, entre autres, *Salmonella* et *Shigella* dont la pathogénicité n'est pas discutable.

Les coquillages bivalves qui sont cultivés ou naturellement présents dans les eaux de l'étang de Thau peuvent être comparés à des « membranes filtres » où l'accumulation des bactéries pathogènes peut atteindre un taux très élevé. Il est alors indispensable « d'épurer » ces coquillages avant leur consommation.

Se pose alors la question de savoir s'il est préférable d'épurer les coquillages ou s'il est souhaitable que les eaux des bassins versants soient bactériologiquement peu polluées.

Dans la deuxième hypothèse il faudrait que les stations d'épuration des eaux usées en provenance des agglomérations implantées dans les bassins versants fonctionnent valablement avec un traitement secondaire approprié à la charge polluante et éventuellement qu'un traitement tertiaire (stérilisation des effluents) soit ajouté. Un autre remède serait celui de la collecte de tous les effluents de toutes les agglomérations du pourtour de l'étang de Thau par un réseau collecteur et rejet en mer après traitement. Quoiqu'il en soit dans les deux hypothèses, stations multiples ou collecteur unique, demeure le grave problème du traitement des rejets des eaux usées et la qualité bactériologique des eaux après traitement.

BIBLIOGRAPHIE

- AUDOUIN (J.), 1962. — Dynamique des eaux et mécanismes d'échanges entre la mer et l'étang de Thau. Thèse 3^e cycle, Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier.
- BALEUX (B.), 1976. — Dégradation biologique des agents de surface. — Etude chimique et microbiologique. Thèse Doct. Etat Sc., Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier, A.O. N° 12384.
- BENEDICT (R.G.) et CARLSON (D.A.), 1971. — Aerobic heterotrophic bacteria in activated sludge. *Water Research* (G.B.), 5, 1928-1930.
- BERTRAND (I.), 1967. — Introduction à l'étude hydrogéologique du bassin de Montbazin et des massifs calcaires environnants. Thèse 3^e cycle, Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier.

- BIANCHI (A.) et BIANCHI (M.), 1972. — La numération des populations bactériennes du milieu marin. *Tethys*, 3 (4), 697-704.
- BRODSKY (M.H.) et SCHIEMANN (D.A.), 1975. — Influence of coliform source on evaluation of membrane filters. *Appl. Microbiol. (U.S.A.)*, 30, 5, 727-730.
- BRODSKY (M.H.) et SCHIEMANN (D.A.), 1976. — Evaluation of Pfizer selective enterococcus and K.F. Media for recover of fecal streptococci from water by membrane filtration. *Appl. Microbiol. (U.S.A.)*, 31, 5, 695-699.
- DELMAS (J.P.), 1971. — Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin de Villeveyrac et de la rive Ouest de l'étang de Thau. Thèse 3^e cycle, Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier.
- DONDERSKI (W.) et STRZELCZYK (E.), 1974. — Generic composition and nutritional requirements of bacteria isolated from three lakes. *Acta. Microbiol. Polonica*, 6 (23), 2, 67-74.
- FAUVEL (Y.), 1967. — Etude de la pollution bactérienne des eaux et des coquillages de l'étang de Thau. Thèse 3^e cycle, Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier.
- GAYFORD (C.G.) et RICHARDS (J.P.), 1970. — Isolation and enumeration of aerobic heterotrophic bacteria in activated sludge. *J. Appl. Bact.*, 33, 342-350.
- GUTHRIE (R.K.), CHERRY (D.S.) et FEREBEE (R.N.), 1974. — The effects of diuron on bacterial populations in aquatic environments. *Water. Res. Bull.*, 10, 2, 304-310.
- HIOT (B.) et PIMPARE (P.), 1973. — Contribution à l'étude de la pollution de l'étang de Thau. Pollution apportée par les eaux superficielles du bassin versant Nord de l'étang. Thèse 3^e cycle, Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier.
- KLEIN (D.A.) et WU (S.), 1974. — Stress : a factor to be considered in heterotrophic microorganism enumeration from aquatic environments. *Appl. Microbiol.*, 27, 2, 429-431.
- LAVENU (F.), 1972. — Hydrologie du bassin de Thau. Evolution des rejets et apports d'eau douce par télé-détection. Thèse 3^e cycle, Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier.
- PIKE (E.B.), CARRINGTON (E.G.) et ASHBURNER (P.A.), 1972. — An evaluation of procedure for enumerating bacteria in activated sludge. *J. Appl. Bact.*, 35, 309-321.
- STRASKRABOVA (V.), 1974. — Seasonal occurrence of several groups of heterotrophic bacteria in two reservoirs. *Int. Revues ges. Hydrobiol.*, 59, 1, 9-16.
- SUCHON (M.), 1973. — Hydrologie du jurassique supérieur du bassin de Villeveyrac. Thèse 3^e cycle, Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier.

RÉSUMÉS DE THÈSES

D'HUART (J.P.), 1978. — **Ecologie de l'Hylochère au Parc National des Virunga.**

Ce résumé est le résultat de trois ans de recherches (février 1972 - mars 1975) au Parc National des Virunga (Kivu, Zaïre). Cette réserve semble être la seule en Afrique où l'hylochère (*Hylochoerus meinertzhageni* THOMAS *Suidae*) est assez facilement observable à cause de la nature de son biotope et sa densité de population élevée. L'espèce fut découverte en 1904 au Kenya et le présent travail est la première publication approfondie sur sa biologie.

La première partie de ce travail concerne les réponses de l'animal à son environnement (autécologie). Une description de la morphologie externe crâniale et dentaire déterminant les critères taxonomiques pour la séparation des quatre espèces connues, place l'animal dans son contexte systématique et évolutif. Il est montré, par la superposition des cartes de végétation et de climatologie sur la carte de distribution géographique, qu'au niveau du continent, l'hylochère fréquente la forêt tropicale humide, les galeries forestières (ouest et centre) et les forêts d'altitude (est) ; ces régions connaissent des chutes de pluies de 800 à 3 200 mm/an et de températures moyennes comprises entre 20 °C et 30 °C (chapitre 1).

L'environnement du Parc National des Virunga est particulier : la sécheresse qui affecte la région depuis forte couverture végétale. L'hylochère est cependant une déforestation et une « steppisation » de la savane. L'hylochère y vit dans les galeries forestières, les forêts sclérophylles et les formations de fourrés à épineux ; les caractéristiques thermohygrométriques de ces trois milieux sont très différentes mais ceux-ci offrent tous une forte couverture végétale. L'hylochère est cependant une espèce écotonique dans cette région et a besoin autant de ces milieux couverts que de la savane (chapitre 2).

Le régime alimentaire a été déterminé par une série d'observations directes et indirectes qui ont montré par ses préférences saisonnières que l'hylochère cherche dans les graminées sélectionnées davantage un apport énergétique (glucides) qu'un apport structural et fonctionnel (protides). D'un point de vue qualitatif, on observe que son régime alimentaire — tout comme le

phalochère (*Phacochoerus aethiopicus*) est composé en majorité par des monocotylédones, dont l'identification a été établie partiellement par l'examen des repousses sur excréments. L'eau et les sels minéraux — qu'il trouve dans la terre de termitières — sont deux éléments essentiels de son régime. L'hylochère est également coprophage et nécrophage (chapitre 3).

La compagnie choisit un domaine vital déterminé par la présence de certains facteurs précis : couverture végétale, présence d'eau, terrain accidenté, rareté d'autres animaux, proximité de la savane. Dans ce « territoire » (qui n'est pas défendu), la compagnie passe la nuit dans une hange sous un buisson épais et suit des pistes qui mènent toujours à une souille, un « salt-jick » et à la savane. Ce réseau de piste est d'une importance primordiale dans l'actogramme de l'espèce et explique la fidélité de la compagnie sur territoire. L'hylochère est devenu diurne au Parc National des Virunga depuis les années 60 : il se rend en savane matin et soir et se repose sous couvert. En suivant différentes compagnies un jour entier, leur activité précise a pu être déterminée. Il semble que la composition de la compagnie détermine l'heure des activités, mais pas leurs durées relatives, qui sont constantes (chapitre 4).

La seconde partie de ce travail traite des relations entre les animaux (démécologie).

Le cycle de reproduction de l'espèce présente des caractéristiques intéressantes : les animaux sont sexuellement mûrs après 18 mois ; ils se reproduisent en février - mars et août - septembre, la durée de gestation est d'environ 151 jours, et la période d'allaitement dure de 8 à 10 semaines. Les deux périodes principales de naissances se situent juste avant les saisons des pluies, mais il y a tout de même des naissances tout au long de l'année. Le « rendement » reproductif de ce cycle semble remarquable car d'une part, les femelles sont fécondées au moment précis de leur maturité et ensuite chaque année à la même saison ; d'autre part, les nouveaux-nés bénéficient de la repousse d'une herbe plus riche dès la fin de l'allaitement.

Le taux de croissance de différents organes est déterminé sur la base du matériel trouvé sur le terrain, examiné dans différents musées, et décrit dans la littérature.

ture. La population a été fractionnée en 12 classes d'âge selon la valeur de l'« indice malarial » M_3/M_2 ; ainsi la corrélation entre les différentes mensurations du crâne, du corps et du poids avec l'âge, peut être exprimée en termes d'équation de droites de régression $Y = a + bx$. D'après les courbes de croissance, il apparaît que seuls le poids crânien et le poids du corps augmentent encore régulièrement après la maturité sexuelle, ce qui peut être lié au fait que la dominance hiérarchique est basée, chez l'hylochère uniquement sur la force physique (chapitre 5).

La densité de population de l'espèce est estimée grâce à une méthode de dénombrement par « ratissage » intégral des zones-échantillons; cette densité élevée est de 14 indiv./km² de biotope fermé et 2 indiv./km² pour l'entièreté de la plaine centrale du Parc, ce qui représente une population de plus de 3 000 animaux. La biomasse de 272,5 kg/km², est équivalente à la charge de la population d'antilopes Topi (*Damaliscus karrigum*), mais localisée dans des biotopes de surfaces beaucoup plus restreintes.

Le sex-ratio est de 1,47 % pour la population entière et de 1,82 % dans les compagnies stables; cette proportion semble avoir diminué entre 1960 et 1975, à cause d'une production moindre de femelles ou d'une prédation dirigée plus forte. La structure d'âges est la suivante: 67,5 % d'adultes, 18 % de juvéniles et 17,5 % de jeunes. La structure sociale de base est la compagnie fortement hiérarchisée (75 % des observ.); les mâles juvéniles quittent la compagnie à la saison de reproduction et les femelles s'isolent à la saison des mises-bas. La proportion des mâles solitaires est constante au cours de l'année (17 % des observ.) (chapitre 6).

La portée moyenne réalisée est de 2,5 jeunes par femelle, mais il n'y a qu'une proportion de 45,8 % des femelles qui produisent des jeunes chaque année; la fertilité ne semble pas liée à l'âge.

Les facteurs de mortalité limitant l'accroissement de la population sont: un taux de mortalité élevé à la naissance (± 50 %) et les conséquences des combats entre mâles, mais aussi le braconnage, l'usure excessive de la denture, les maladies et le parasitisme. Une table de mortalité a été construite sur base des crânes trouvés sur le terrain; la courbe de mortalité présente la forme en « J » classique et la courbe de survie montre des différences essentielles de celle du phacochère. La balance de la population est estimée par une table de fécondité qui montre qu'une femelle est remplacée en moyenne par 1,32 femelle au bout d'une génération, et que donc la population est en croissance (chapitre 7).

Présentant un certain nombre de caractéristiques communes avec les autres Suidés africains, l'hylochère

en diffère cependant par une indépendance plus prononcée vis-à-vis des facteurs abiotiques de son environnement.

Les données sur son cycle de reproduction, son taux de croissance et sa rusticité suggèrent que l'espèce constituerait un matériel d'élevage intéressant dans le cadre des fermes à gibier en Afrique.

DAGET (Philippe). — **Ecologie générale et prairie permanente. De la réflexion fondamentale à l'application.** Thèse de Doctorat d'Etat, Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, 15 novembre 1978 (Jury: F. BOURLIÈRE, F. DAGONNET, H. ELLENBERG, M. GODRON, J. LAMBERT et Ch. SAUVAGE), 205 p. et 168 réf. + liste des travaux personnels.

Le mémoire comporte deux parties. La première est intitulée « Essais sur quelques points de doctrine et de méthode en écologie générale » et comporte 144 pages; la seconde est consacrée à « l'écologie de la prairie permanente ».

L'auteur annonce tout d'abord son intention de présenter une analyse de certains points essentiels du raisonnement écologique mis en pratique dans l'Ecole d'Emberger, et annonce une tentative de formalisation conceptuelle dans la perspective de la *théorie écologique*. Il insiste ensuite sur la nécessité d'une perception d'ensemble de la réalité scientifique et tout particulièrement dans le cas de l'écologie, mettent en garde contre les simplifications nécessaires à la modélisation que contre les schématisations réductionnistes.

Puis s'appuyant sur les travaux les plus récents, il aborde le problème de la causalité en écologie. Il constate que l'attitude causaliste est inséparable de la position réductionniste. Cette position entraîne une plus grande acuité dans l'analyse, mais fait perdre de vue la synthèse et l'unité fonctionnelle des êtres étudiés. La généralisation en causalité « large » ou « circulaire » ne fait que déplacer le problème sans le résoudre. Il aboutit à affirmer que l'écologie ne peut être causale, mais doit être *déterministe*, au sens de Cl. Bernard, c'est-à-dire qu'elle se doit de déterminer les conditions physiques, chimiques ou biologiques des phénomènes, et particulièrement de la répartition des êtres vivants.

L'analyse de ces déterminismes sera basée sur l'interprétation de données fournies par des descriptions. Pour que de telles descriptions soient cohérentes, elles doivent être conformes à trois principes: le *principe d'empirisme*, qui la veut à la fois simple exhaustive et non contradictoire, le *principe de pertinence* qui la veut

conforme à un et à un seul point de vue, et le *principe d'économie* qui la veut aussi courte que possible. Pour simples qu'ils puissent paraître, ces principes posent des problèmes difficiles à l'écologie, dont certains sont discutés.

Les observations sont parfois considérées comme des faits bruts, initiateurs d'hypothèses à partir desquelles des lois sont élaborées qui font accéder ces faits au rang scientifique. L'auteur rappelle que le « fait brut » n'existe pas ; en réalité, c'est déjà un fait scientifique qui produit une hypothèse puisque celle-ci ne peut naître que d'une réorganisation logique. L'expérience ne porte pas sur un fait brut, mais sur une pensée, et il n'en résulte pas un fait, mais une pensée ; l'une et l'autre sont pensées scientifiques.

Ainsi, l'homogénéité de la végétation n'est ni un fait initial, ni une structure idéale. L'écologue ne s'intéresse qu'à une *hétérogénéité tolérable*, compatible avec la recherche effectuée. Ce qui change le mode d'appréhension du réel en le dégageant de ses références excessivement concrètes et en reportant l'attention sur l'hétérogénéité et son étude.

Les notations sur la constitution globale de la végétation sont analysées à la lumière des trois principes fondamentaux. Cela permet d'épurer le concept de *formation végétale* et de préciser l'origine de la définition retenue dans le Code écologique tout en précisant ses connections avec de nombreuses autres acceptions.

La mise en œuvre de ces principes, ainsi illustrée, suppose l'existence de paramètres mesurables. L'auteur examine donc l'application des concepts de la *métrologie générale* à l'écologie. Il est ainsi conduit à définir, ou à redéfinir, les différents types de mesure possibles en illustrant ces rappels d'exemples écologiques. A cette occasion, il propose le terme de *descripteur efficace* en lieu et place de facteur actif ou de variable active et justifie son choix. Enfin, il analyse le concept de *sub-jektivité* en métrologie écologique et montre qu'il est exempt de toute implication péjorative.

Le résultat des « mesures » écologiques effectuées lors d'un relevé sont affichés sur un formulaire précodé ; descripteur et relevés peuvent être vus comme des fonctions ou des fonctions de *fonctions booléennes* de structures diverses dont l'une est analysée.

L'interprétation d'un ensemble de relevés conduit souvent à parler en termes de probabilités, souvent avec maladresse ; l'auteur rappelle donc les différentes notions de base ainsi que les principaux éléments de l'axiomatique des probabilités et en exprime le résultat en termes de métrologie.

Elle conduit aussi, par des procédés supposés connus dans cet exposé, à un ensemble de profils écologiques

caractéristiques du comportement écologique des espèces vis-à-vis des paramètres utilisés. L'auteur montre comment, à partir de ces profils, des *groupes écologiques* peuvent être construits qui rassemblent les espèces de même comportement et il insiste sur le caractère de réalité abstraite de ces groupes. Il montre ensuite comment ils peuvent être combinés pour constituer des *groupements végétaux* constitués d'espèces qui peuvent être trouvées ensemble et souligne la convergence entre les groupements ainsi définis et les associations phytosociologiques. Par ailleurs, il montre qu'entre continu et discontinu en écologie, il n'est pas possible de trancher, le choix est affaire de postulat. Enfin, l'auteur termine son analyse en reprenant l'expression de la constitution des groupes écologiques et des groupements végétaux en termes d'analyse ensembliste.

Dans la seconde partie, l'auteur concentre son intérêt sur « l'écologie de la prairie permanente » (70 pages). Il s'arrête en premier lieu sur le concept de *prairie permanente* en tant que parcelle agricole dont la végétation : le gazon est exploité par, ou pour, le bétail, directement par le pâturage ou indirectement par le fauchage. Il souligne d'abondantes ambiguïtés dans l'emploi de ce terme, même par les meilleurs spécialistes. Puis il examine l'adéquation de la notion d'écosystème à la prairie en étudiant les principales conditions de milieu qui en permettent l'implantation.

Le dernier chapitre du mémoire est consacré à rapporter, en 30 pages, les principaux résultats des études phytocéologiques entreprises sur la prairie permanente par l'auteur ou sous sa direction. Ces résultats sont rapportés en quelques phrases dans les rubriques suivantes : 1) méthode d'analyse des prairies ; 2) structure des communautés ; 3) relations végétation-milieu ; 4) dynamique de la végétation, à diverses échelles de temps ; 5) typologie des herbages et applications pratiques.

TRIAT (Hélène). — *Contribution pollenanalytique à l'histoire tardi- et postglaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône*. Thèse de Doctorat d'Etat présentée devant l'Université d'Aix-Marseille III à Marseille, le 15 décembre 1978 (Jury : B. FRENZEL, G. JALUT, A. PONS, P. QUEZEL, Ch. SAUVAGE).

Cet ouvrage représente une contribution pollenanalytique à la connaissance de l'histoire de la végétation de la basse vallée du Rhône à partir de Orange jusqu'à l'embouchure du Rhône, depuis le Würm final.

Les 17 sites étudiés ont permis l'élaboration de 29 diagrammes : 8 au nord des Alpilles et 21 au sud. La présentation du cadre des recherches effectuées (Chapitre I) et un exposé des recherches antérieures montrent que cette région planitaire est pauvre en sites favorables à l'analyse pollinique. Une longue prospection a donc été nécessaire pour trouver des sédiments adéquats. De plus, de nombreuses techniques de sondage, dont la complémentarité est analysée (Chapitre II), ont été employées ou mises au point.

Afin d'aborder l'exploitation des résultats de la pollenanalyse pour reconstituer les vicissitudes de la couverture végétale passée, une étude des relations actuelles entre la pluie pollinique et la végétation a été effectuée (Chapitre III). Une terminologie redéfinissant les termes de représentation, diffusion, reflet, écho très largement utilisés en aérópolisologie est présentée. Cette étude de l'expression pollinique des principaux taxons arboréens et non arboréens montre en particulier l'importance de la structure du groupement végétal émetteur ou récepteur de la pluie pollinique, l'environnement immédiat, l'existence pour beaucoup de végétaux non arboréens d'un certain seuil de recouvrement pour que leur expression pollinique soit perceptible et la relative indépendance, pour nombre de taxons, entre les différents éléments de leur expression pollinique.

Dans une deuxième partie, les données acquises au nord des Alpilles (Chapitre IV) puis au sud des Alpilles (Chapitre V) incluant la Camargue sont analysées pour chaque site.

L'ensemble de ces données a fourni les éléments d'une synthèse autorisant (Chapitre VI) la reconstitution de l'histoire de la végétation au Tardiglaciaire et au Post-glaciaire dans la basse vallée du Rhône. Les faits essentiels sont :

- le caractère nettement steppique de la végétation au Dryas ancien ;

- la première dominance de la pinède dès l'amélioration climatique du Bølling-Allerød, le Dryas moyen n'étant pas perceptible ;

- le caractère très marqué, drastique, du Dryas récent avec le retour vers une végétation steppique ;

- l'optimum de *Pinus* situé au Préboréal, dans notre région ;

- l'essor de la chênaie pubescente à caractère méditerranéen (dont les prémisses sont perceptibles dès le Bølling-Allerød) qui suit immédiatement l'optimum de *Pinus* ;

- le dualisme de l'histoire de la végétation dans notre région méridionale procédant de la double localisation des refuges avec :

- une histoire qui est la continuation d'un lointain passé maintenu dans des refuges méridionaux juxtaposés situés dans les paléothalwegs du Rhône et de l'Arc... où *Abies*, *Fagus*, *Quercus pubescens*, *Q. ilex* ont pu survivre grâce à une localisation géographique et à un édaphisme particulier ;

- une histoire qui correspond à l'évolution de la végétation issue de refuges situés à moyenne altitude et conforme à celle que l'on observe dans les montagnes avoisinantes ; c'est ainsi qu'au cours de l'extension du *Fagus silvatica* médio-européen à partir de refuges de moyenne altitude, qui marque le début du Subboréal entre 500 et 4 500 BP, des phénomènes d'introgession ont pu se produire avec *Fagus* issu des refuges juxtaposés méridionaux, à la fois relique tertiaire et relique glaciaires ;

- le rôle de moins en moins perceptible du climat après l'amélioration climatique du début du Postglaciaire si l'on exclut une péjoration ressentie vers 5 000 BP, mais celui prépondérant des conditions édaphiques locales et le rôle très précoce de l'impact humain qui s'inscrit dans la végétation depuis plus de 7 000 ans, surtout au niveau de la chênaie marcescente dont les éclaircissements ont profité aux Chênes sclérophylles.

Dans une troisième partie, la discussion et les implications de ces données permettent de retracer l'histoire des principaux taxons concernés (*Abies*, *Betula*, *Corylus*, *Ephedra*, *Fagus*, *Hippophae*, *Pinus*, *Quercus*) et de débattre des problèmes de la dynamique de la végétation et du milieu (Chapitre VII) en fonction de la double localisation des refuges, du climat et de l'impact humain.

Dans un chapitre de conclusions traitant du passé et de l'interprétation de la végétation actuelle (Chapitre VIII), il a été examiné dans quelle mesure quelques-uns des résultats obtenus peuvent contribuer à mieux interpréter la végétation provençale actuelle. C'est ainsi que la nature steppique de la végétation au Tardiglaciaire dans nos plaines et la double localisation des refuges glaciaires éclairent les origines des particularités actuelles de l'édifice forestier méditerranéen. L'existence de ces refuges juxtaposés isolés constitue une base d'explication des particularités de *Fagus* voire de *Abies* dans les régions méditerranéennes proches de notre domaine. L'importance du rôle naguère tenu par *Abies* et *Fagus* met de plus en lumière des potentialités forestières aujourd'hui peu évidentes pour la marge méditerranéenne montagnarde de la Provence.

Cette étude a aussi montré que les liens indéniables qui existent entre l'histoire de l'action humaine et celle de *Quercus ilex* posent en termes nouveaux toute l'interprétation de la végétation provençale actuelle.

ANALYSES D'OUVRAGES

Les plantes toxiques. Publié sous la direction de A. LARCAN et H. LAMBERT. Extrait des *Annales médicales de Nancy*, 1978, tome 17, p. 271-426.

Ce fascicule correspond à un symposium qui s'est tenu à Pont-à-Mousson sous l'égide du groupement français des centres anti-poisons et de la société française de Toxicologie. C'est une intéressante étude qui attire l'attention sur les intoxications causées par diverses plantes. Chaque plante est présentée sous l'aspect botanique (méthodes pratiques de reconnaissance) ; puis les substances toxiques sont étudiées (composition chimique, action physiologique). Les effets toxiques sur les animaux sont également envisagés (par exemple l'intoxication des bovins par la mercuriale). Le volume se termine par le problème très actuel des effets du chanvre sur les fumeurs. Voici un intéressant ouvrage qui semble le premier en Europe sur ce sujet et qui apporte d'utiles renseignements de tous ordres.

R. DAJOZ.

Tropical forest ecosystems. A state of knowledge report prepared by UNESCO/FAO. Les presses de l'UNESCO, Paris, 1978. 1 volume, 683 p.

Ce volume est le n° 14 de la série *Natural resources research*. Nous ne saurions trop en conseiller la lecture à tous ceux qui sont intéressés par les forêts tropicales. Dans ce livre sont envisagés les aspects botaniques et zoologiques du sujet (l'aspect zoologique étant moins développé, sans doute en raison de l'insuffisance de nos connaissances sur beaucoup de groupes, ce qui est rappelé à plusieurs reprises). Le plan général est le suivant. La première partie correspond à la description des écosystèmes forestiers tropicaux, à l'étude de leur fonctionnement et de leur évolution. Ces 314 pages, accompagnées d'une abondante bibliographie, apportent de nombreux documents qui représentent une très utile mise au point. La deuxième partie expose les conséquences de l'exploitation par l'homme des forêts tropicales. Enfin la troisième partie traite d'études régionales.

L'Afrique, l'Amérique, l'Asie et l'Océanie sont successivement passées en revue. Là encore le lecteur trouvera une foule de données intéressantes.

Bien que cet ouvrage soit fort intéressant et déjà très volumineux, nous pensons cependant qu'il est possible de lui faire le reproche d'être incomplet. On note par exemple l'absence de toute référence à de nombreux travaux de chercheurs sur les Primates, ces Mammifères étant tout de même des constituants remarquables des forêts tropicales. Ainsi dans le chapitre consacré au Gabon il n'y a que 5 pages de texte et rien sur la faune et son rôle, alors que cette région a déjà fait l'objet de nombreuses études. Ces lacunes tiennent sans doute au choix des auteurs des divers articles. Il aurait été bon de faire appel à de plus nombreux collaborateurs.

Ces critiques ne doivent évidemment pas empêcher de consulter ce livre, qui, répétons le, renferme de nombreux chapitres fort intéressants.

R. DAJOZ.

WALTER (H.). — *Vegetationszonen und Klima*. E. Ulmer éditeur, Stuttgart, 1977. Un volume, 309 p.

Publié dans une présentation de type « livre de poche » ce livre mérite d'être signalé. Il est l'œuvre d'un auteur bien connu par ses nombreuses publications traitant de climatologie et d'écologie végétale, et qui a acquis une connaissance directe des principales formations végétales du monde. Après une introduction générale qui rappelle la structure et le fonctionnement des écosystèmes, les principales zones climatiques et les formations végétales qui leur sont associées sont passées en revue. Pour chacune de ces zones on trouve de très nombreuses données climatiques, floristiques, pédologiques et faunistiques, ainsi que des renseignements sur la productivité, la phénologie, le fonctionnement des écosystèmes. Il y a de nombreuses cartes et schémas et d'intéressantes photos.

R. DAJOZ.

LESER (H.). — *Landschaftsökologie*. E. Ulmer éditeur, Stuttgart, 1978. Un volume, 433 p.

Dans la même collection et la même présentation voici un livre original par son sujet que l'on peut traduire par « écologie des paysages ». Il s'agit d'une synthèse qui traite du développement des méthodes, et des applications de l'emploi des méthodes écologiques dans l'étude des paysages. Cette discipline nouvelle se présente, comme le dit l'auteur, comme un pont entre l'écologie et la géographie. Les méthodes sont présentées dans la première partie ; la deuxième partie étudie la structure spatiale des écosystèmes et des paysages ; la troisième partie traite de la modélisation ; la quatrième partie expose la cartographie, et présente les résultats des recherches et leurs applications possibles. Enfin la dernière partie montre l'importance du sujet et ses perspectives. Une bonne bibliographie et un index terminent ce livre original, qui ne semble pas avoir son équivalent en langue française, et dont la lecture est très intéressante.

R. DAJOZ.

OLAH (G.M.), REISINGER (O.) et KILBERTUS (G.). — *Biodégradation et humification. Atlas ultrastructural*. Québec, Les Presses de l'Université Laval, Paris, Librairie Vuibert, 1978. Un ouvrage relié, format 22 x 28 cm, 329 p., 199 planches. Prix 30 \$.

Cet ouvrage est un recueil de près de 200 photographies en microscopie électronique balayage ou à transmission des nombreux microorganismes des litières, du sol ou des eaux, saisis dans leurs activités de biodégradeurs de la matière organique végétale. Après avoir présenté, dans une première partie, ces divers microorganismes (bactéries, champignons, cyanophycées, diatomées, organismes amœboides, nématodes, microarthropodes) ce recueil iconographique très original nous fait pénétrer dans les ateliers secrets de la nature, nous montrant les modes d'attaque, de pénétration ou de lyse (pectinolyse, cellulolyse, ligninolyse) des champignons et des bactéries sur divers types de débris végétaux (algues, mousses, champignons, feuilles racines).

Tous les documents, dus aux propres observations des auteurs (en particulier O. REISINGER et G. KILBERTUS) sont les résultats d'expériences, le matériel végétal étudié en microscopie électronique ayant été soumis à l'action des organismes décomposeurs, en condition naturelle ou semi-naturelle, pendant des durées contrôlées allant de 1 mois jusqu'à 7 ans.

On précise comment se succèdent et interviennent les divers types de microorganismes en fonction du matériel végétal utilisé ; comment se dégradent les structures de soutien des cellules végétales et les divers organites cellulaires ; on note en particulier l'extraordinaire résistance à la biodégradation des plastiques chlorophylliens. On montre aussi la façon dont les particules d'argile sont adsorbées à la surface des polysaccharides ou d'autres substances issues des processus lytiques initiaux dus aux champignons, les protégeant parfois d'une dégradation plus poussée sous l'action des bactéries.

En résumé un ouvrage unique en son genre, recueil de documents très originaux et de très grande qualité, qui complète et concrétise les données acquises jusqu'ici sur l'évolution des litières et la formation de l'humus ; une voie nouvelle d'étude de la vie des microorganismes dans le milieu naturel.

P. PESSON.

PENZLIN (H.), 1977. — *Lehrbuch der Tierphysiologie. Précis de Physiologie Animale*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart et New York, 2^e édition, 550 p., 296 fig., 46 tabl. ISBN 3-437-00229-5. Prix : 39,- DM.

La première édition ayant trouvé un écho particulièrement favorable, une nouvelle édition s'est avérée nécessaire plus rapidement que prévu. Grâce à l'intégration d'un certain nombre de nouveaux chapitres (régulation du métabolisme des hydrates de carbone et du glucose présent dans le sang, « l'horloge interne », les systèmes conducteurs de l'excitation afférente, les systèmes moteurs supraspinaux ainsi que la vessie natale), le précis a gagné en substance. En plus, tous les autres chapitres ont été mis à jour et complétés par 69 nouvelles figures.

Table des matières : Dynamique et énergétique des systèmes vivants — Etat dynamique — Bases thermodynamiques — Biochimie — Métabolisme énergétique — Processus au niveau des membranes — Régulation et communication dans les systèmes vivants — Communication neurale et hormonale — Régulation biologique — Absorption et distribution des substances nutritives — Alimentation — Respiration — Distribution des substances nutritives dans le corps — Le milieu interne et sa régulation (homéostasie) — Excrétion — Régulation ionique et osmotique — Régulation de la valeur pH — Régulation du métabolisme des hydrates de carbone et du taux de glucose dans le sang — Thermorégulation — Immunité — Réception, traitement et stockage d'informations — Sens mécaniques — Sens de la température — Sens optique — Sens électrique — Sens chimiques —

« L'horloge interne » (sens du temps) — Transmission et traitement des informations afférentes — Physiologie des effecteurs — Production d'énergie mécanique — Production d'énergie électrique — Changements de couleurs — Production de lumière — Sécrétion de gaz — Tableau chronologique sur l'histoire de la physiologie animale.

Armin HEYMER.

AVERS (J. Charlotte), 1976. — *Einführung in die Sexualbiologie. Introduction à la biologie sexuelle*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 301 p., 75 fig., 4 tabl., UTR 479. ISBN 3-437-20146-8. Prix : 19,80 DM.

Titre original : « *Biology of Sex* », John Wiley & Sons Inc.

Ce livre donne un aperçu assez complet de la biologie sexuelle de l'Homme. Partant des mécanismes fondamentaux de l'hérédité et passant par l'évolution phylogénétique de la sexualité, l'anatomie et la physiologie de la reproduction, la fécondation et le développement embryonnaire, l'auteur traite aussi les interactions hormonales intervenant dans la sexualité, le comportement social et reproducteur chez l'Homme et chez les animaux, le rôle des sexes dans la société humaine, l'accroissement de la population ainsi que les moyens et méthodes pouvant conduire à un contrôle démographique efficace.

Par rapport à l'original américain, l'édition allemande a été complétée par de nombreuses références bibliographiques. Ce petit précis sera particulièrement utile pour les cours en biologie humaine.

Armin HEYMER.

BERGFELD (R.), 1976. — *Herder Lexikon Biologie*. Herder Verlag Frankfurt und Basel, 4^e édition, 237 p., 55 fig. ISBN 3-451-16453-1.

Lexique de poche à couverture en plastique flexible, facile à manier. Destiné aux étudiants, ce livre présente un choix équilibré de 220 mots-clé couvrant les domaines de l'anatomie, de la physiologie, de la botanique générale et de la zoologie, mais aussi des exemples représentatifs de l'évolution, de l'écologie et de l'éthologie. Les explications sont claires et compréhensibles et plus de 120 figures dans le texte augmentent considérablement la valeur didactique de ce lexique.

Armin HEYMER.

SCHWERDTFEGGER (F.), 1977. — *Oekologie der Tiere, I. Autökologie*. 2^e édition, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 460 p., 268 fig. Prix : 120,- DM.

Le premier d'une série de trois volumes traitant de « L'écologie des animaux » est maintenant disponible en 2^e édition. Complètement remaniée, cette édition se trouve sensiblement améliorée par rapport à la première, parue en 1963 (cf. *La Terre et la Vie*, Tome 3, 1976, 30, p. 163). Elle tient compte des travaux importants, notamment en langue anglaise, publiés entre 1963 et 1971. Alors que la première édition ne comportait qu'une seule page de références bibliographiques, le nombre de titres cités dans la deuxième édition est porté à plus de 1 800 (p. 396-432).

On constatera cependant que l'accent de l'ouvrage est toujours mis sur l'entomologie, spécialité de l'auteur. Dans le domaine de l'autécologie, en particulier, on aurait apprécié une plus grande diversité et davantage d'exemples pris dans d'autres groupes d'animaux.

Armin HEYMER.

IMMELMANN (K.), 1976. — *Einführung in die Verhaltensforschung. Introduction à l'étude du comportement*. Parey's Studentexte 13, Verlag Paul Parey Berlin, 220 p. avec 89 fig., balacron. ISBN 3-489-68336-6. Prix : 21,- DM.

Cette introduction à l'éthologie (une de plus) s'appuie sur une série de cours faits par l'auteur aux Universités de Braunschweig, Berlin et Bielefeld. L'organisation du livre correspond dans l'ensemble à celle des traités publiés par d'autres auteurs ; les 10 grands chapitres reprennent les thèmes classiques de l'éthologie. L'éthologie humaine est passée sous silence. Il est regrettable que les noms scientifiques des animaux ne soient pas indiqués dans le texte et que les noms des auteurs ne soient pas cités avec les exemples choisis, ce qui prive le débutant de la possibilité d'approfondir un sujet qui l'intéresse plus spécialement. En ce qui concerne le « schéma ennemi », l'auteur cite bien TINBERGEN (1952), mais n'indique pas les travaux de SCHLEDT (1961) et de MUELLER (1961) qui réfutent les conclusions du premier. Les légendes des figures 49 et 50 sont inversées. En ce qui concerne le comportement au profit de la conservation de l'espèce, l'auteur ne tient pas compte des points de vue récents exposés par WILSON et HAMILTON.

Nous disposons à l'heure actuelle de nombreux traités de bonne qualité dans différentes langues et la question se pose de savoir s'il est opportun de publier sous forme de livre tous les cours d'éthologie tenus pendant de longues années sans apporter des contributions nouvelles.

Armin HEYMER.

JACOBS (W.) et SEIDEL (F.), 1975. — **Systematische Zoologie : Insekten.** Dictionnaire de Zoologie systématique : *Insectes*. in Wörterbücher der Biologie, VEB Gustav Fischer Verlag Jena et Gustav Fischer Verlag Stuttgart, UTB 368, format livre de poche, 377 p. avec 638 fig. ISBN 3-437-30195-0. Prix : 18,-DM.

Ce « Vocabulaire des Insectes » donne un aperçu complet de la terminologie systématique de l'entomologie. Plus de 3 000 mots-clés offrent aussi des présentations comparées de la morphologie et de l'anatomie. Les 638 figures ont une valeur didactique incontestable. Ce volume complète avantageusement le « Lexique de poche de la biologie des Insectes » par JACOBS et RENNER (cf. analyse dans *Rev. Ecol. Biol.* 14, 497-498).

Armin HEYMER.

SCHACHT (W.), 1976. — **Blumen Europas : Ein Naturführer für Blumenfreunde.** Guide des Fleurs de l'Europe. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 220 p., 236 photos en couleur, 232 cartes de répartition et 43 dessins. ISBN 3-489-77222-9. Prix : 29,80 DM.

Ce livre présente une sélection des fleurs les plus belles et les plus intéressantes d'Europe. 236 espèces sont illustrées par des photos en couleurs et 500 autres sont décrites. Pour les étudiants, ce livre constituera un guide précieux sur le terrain. Les traductions en français des noms d'espèces ne sont pas toujours correctes, défaut qui serait à éliminer lors d'une nouvelle édition.

Armin HEYMER.

RASBACH (K.), RASBACH (H.) et WILLMANN (O.), 1976. — **Die Farnpflanzen Zentraleuropas.** Les Fougères d'Europe Centrale. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 304 p. avec 154 fig., format 24 × 31 cm. ISBN 3-437-30223-X. Prix : 79,-DM.

En partant de l'exemple des Fougères, groupe botanique bien délimité, ce livre aborde quelques tendances importantes de la recherche moderne et certains problèmes de la botanique classique.

La partie générale, illustrée par de nombreuses figures, traite de l'importance biologique de la formation du cormus et de l'alternance des générations chez les plantes, suivie d'un aperçu sur la systématique des Fougères de l'Europe Centrale. Les chapitres consacrés à la paléobotanique, la phylogénèse et l'évolution décrivent, d'une part, le développement des Ptéridophytes au cours des ères géologiques et exposent, d'autre part, les problèmes de l'hybridation et de la naissance de nouvelles espèces à l'exemple de représentants récents. Différents aspects de la géobotanique assurent la transition vers la partie systématique et faunistique. Celle-ci présente 84 des 95 espèces de l'Europe Centrale et leurs stations sur 106 planches en noir et blanc. Le texte d'accompagnement situe chaque espèce dans son habitat et fait ressortir, à côté des caractères importants pour la détermination, les indices éco-sociologiques.

Un livre merveilleux pour tout amateur de Fougères, ce qui est le cas de l'auteur de cette analyse qui aurait souhaité posséder un tel ouvrage il y a une vingtaine d'années.

Il est à regretter que la bibliographie ne cite que 47 publications spécialisées sur les Fougères tout en indiquant 25 traités de botanique générale. Toutes les photos qui ont été prises dans le biotope naturel, sont fort réussies.

Armin HEYMER.

HERBER (G.), HENKE (W.) et ROTH (H.), 1975. — **Der Ursprung des Menschen, unser gegenwärtiger Wissensstand.** L'origine de l'Homme, état actuel de nos connaissances. 4^e édition entièrement remaniée et élargie, Verlag Gustav Fischer Stuttgart, 144 p., 37 fig., 4 tabl. ISBN 3-437-10418-7. Prix : 9,80 DM.

Ces dernières années, nos connaissances sur la phylogénèse de l'Homme se sont considérablement élargies, non seulement par la découverte de nouveaux fossiles, mais surtout grâce à une collaboration plus étroite de la paléanthropologie avec d'autres disciplines telles que l'éthnologie, la géophysique et la paléoclimatologie. Ceci a conduit à une révision des doctrines généralement admises. Par conséquent, les auteurs ont décidé de remanier entièrement le texte de leur livre. Ils se sont attachés non seulement à la description et l'interpréta-

tion des vestiges découverts, mais encore aux conditions méthodiques de la reconstitution du déroulement historique réel de la phylogénèse de l'Homme.

Comme tous les livres de G. HEBERER, celui-ci offre sous sa forme actuelle un excellent aperçu de l'évolution de l'Homme. Pour faciliter la consultation, un glossaire, un index ainsi qu'une bibliographie se rapportant au texte et de nombreuses figures nouvelles ont été ajoutés.

Armin HEYMER.

CASIGLIONI (A. et A.), 1977. — *Adams Schwarze Kinder, bei den letzten Naturvölkern Afrikas. — Les enfants noirs d'Adam, chez les derniers peuples autochtones d'Afrique*. Schweizer Verlagshaus Zürich, 144 p., 188 fig. en couleurs. ISBN 3-7263-6194-4. Prix : 68,-DM.

Les deux auteurs (frères jumeaux originaires de Milan) présentent dans ce volume richement illustré un coin de l'Afrique qu'ils ont exploré lors d'un voyage récent, mais qui est condamné à disparaître un jour entièrement. Les auteurs se sont proposés de montrer uniquement des Hommes dont l'existence se déroule au rythme de la nature et dont les actes s'inspirent de rites traditionnels fascinants. Le livre ne tient pas compte des frontières nationales. La plupart des tribus vivent de façon dispersée au nord de l'Equateur. Pour l'éthologiste humain, ces documents sont d'autant plus précieux qu'ils donnent un aperçu de l'état d'acculturation actuel. Sous cet aspect, les tribus des Kirdi, Schiluk, Nuba, Mundari et Dinka semblent présenter un intérêt particulier pour les études à venir.

Les différents chapitres du livre parlent de l'environnement complexe, de la vie quotidienne, de l'enfance et de l'adolescence, de la puberté, des rites chez les adultes, de la fête du sultan, de la beauté, des combats et des danses.

Il convient de féliciter tout particulièrement l'éditeur pour la reproduction excellente de l'iconographie malgré un prix tout à fait raisonnable.

Armin HEYMER

STEINER (G.), 1977. — *Zoomorphologie in Umrissen. — Zoomorphologie en silhouettes*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart et New York, 134 p., format DIN A4. ISBN 3-437-20173-5. Prix : 32,- DM.

La morphologie, discipline fondamentale indispensable à tout biologiste, implique non seulement la connais-

sance des différents objets, mais encore leur classification correcte. A côté de l'observation dans la nature, la comparaison directe avec l'image imprimée peut être une aide précieuse. Pour faciliter l'étude morphologique, ce fascicule offre sur 65 planches plus de 900 illustrations individuelles, chaque page présentant un grand nombre de formes animales ou de détails anatomiques comparables dans une schématisation échelonnée et instructive. L'élaboration des silhouettes données permet de retenir les traits analogues, d'une part, les caractères divergents de l'autre, et d'arriver à la vue d'ensemble recherchée.

Armin HEYMER.

HENTSCHEL (E.) et WAGNER (G.), 1976. — *Tiernamen und zoologische Fachwörter. - Unter Berücksichtigung allgemeinbiologischer, anatomischer und physiologischer Termini. — Dictionnaire zoologique, tenant compte en particulier de la terminologie biologique, anatomique et physiologique*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, UTB 367, 507 p. ISBN 3-437-20130-1. Prix : 19,80 DM.

Le présent livre de poche donne des définitions assez détaillées d'environ 10 000 mots-clés de la biologie et de la zoologie générales. Dans la plupart des cas, l'origine grecque ou latine des mots est indiquée, par exemple Cephalopoda ; gr. *he kephalé* = tête ; et *ho pus*, *podos* = pied. L'introduction approfondie offre non seulement des approches étymologiques, philosophiques et grammaticales favorisant une meilleure compréhension de la terminologie scientifique, mais aussi un aperçu des bases et principes de la nomenclature taxonomique. Il serait utile pour un grand nombre de personnes s'intéressant de près ou de loin à la biologie d'avoir ce livre à portée de la main.

Armin HEYMER.

TISCHLER (W.), 1976. — *Einführung in die Oekologie. — Introduction à l'écologie*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart et New York, 307 p. avec 97 fig. ISBN 3-437-20159-X. Prix : 29,- DM.

Ce livre donne une idée générale de l'écologie dans tous ses domaines. Il se propose d'intéresser le lecteur à la nature et de l'introduire dans la pensée écologique. Il est particulièrement destiné aux étudiants, car les traités d'écologie publiés jusqu'à présent sont très volumineux ou se limitent à des domaines partiels en négligeant l'écologie des paysages (cf. SCHWERDTFEEER,

Oekologie der Tiere I-III: Autökologie, Demökologie, Synökologie, Verlag Paul Parey; GRZIMEK, Buch der Oekologie, Unsere Umwelt als Lebensraum: I. Die Umwelt der Tiere, II. Die Umwelt des Menschen, Kindler Verlag).

Les aspects qualitatifs sont traités à égalité avec les aspects quantitatifs, la botanique et la zoologie étant intégrées de façon équilibrée. Le livre comprend deux parties. La première traite des lois de l'écologie générale depuis les relations de l'individu avec son environnement jusqu'à la structure et le fonctionnement des écosystèmes complets. La deuxième partie s'occupe de l'écologie des paysages: les mers avec leurs rivages, les forêts, toundras, hautes montagnes, déserts, savanes, steppes, habitats limniques et paysages créés par l'Homme.

La bibliographie (peu détaillée) est groupée selon les 7 chapitres principaux du livre — un inconvénient pour l'utilisateur qui voudrait rapidement retrouver une référence au cours de la lecture. Une bibliographie suivant l'ordre alphabétique paraît en tout cas plus pratique.

Armin HEYMER.

HEILIGENBERG (W.), 1977. — *Principles of Electrolocation and Jamming Avoidance in Electric Fish. A Neuroethological Approach in: Studies of Brain Function*, Vol. 1, Springer Verlag Berlin, 85 p. avec 58 fig. ISBN 3-540-08367-7. Prix: 22,50 DM.

Les deux grands groupes de Poissons faiblement électriques, les Mormyriiformes (Mormyridae et Gymnarichidae) d'Afrique et les Gymnotoïdes (Gymnotidae, Ramphichthyidae, Apteronotidae) de l'Amérique du Sud, n'ont pas de lien de parenté entre eux, la structure de leurs organes électriques et l'aspect des signaux émis étant fondamentalement différents. Cependant, le milieu dans lequel ils vivent, les eaux tannées et troubles, est le même en Amérique du Sud et en Afrique. Les nombreux points communs peuvent donc être considérés comme le résultat d'une évolution convergente pour laquelle les exemples ne manquent d'ailleurs pas entre les deux continents.

Dans le présent travail, HEILIGENBERG entreprend la tentative clairement délimitée d'analyser les faits connus dans une perspective neuroéthologique en étudiant plus particulièrement les mécanismes de l'électrolocation qui servent à l'orientation permanente et à la perception de ces Poissons dans l'obscurité quasi totale de leur habitat. La plupart des représentants ont, en plus, une activité nocturne (comme nos chauves-souris qui servent, à juste

titre, d'exemple de comparaison). Par conséquent, l'électrolocation et l'écholocation seraient également des phénomènes convergents ce qui n'est d'ailleurs contesté par personne. On suppose depuis longtemps que les signaux des poissons faiblement électriques pussent également servir à la signalisation du territoire et à la communication (reconnaissance spécifique, parade nuptiale, élevage des jeunes, comportement social). Cependant, nos connaissances à ce sujet sont encore très limitées.

Armin HEYMER.

KAMPMANN (H.), 1975. — *Der Waschbär, Procyon lotor L.: Verbreitung, ökologie, Lebensweise und Jagd. Le Raton Laveur: Répartition, écologie, mode de vie et chasse*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 76 p., 29 fig. ISBN 3-440-09912-5. Prix: 16,80 DM.

Le raton laveur, *Procyon lotor*, fut introduit en Europe Centrale en 1920 pour l'élevage. En 1934, deux couples furent lâchés en Hesse. Après 1945, quelques animaux furent également mis en liberté au Palatinat et d'autres se sont sans doute échappés. A l'heure actuelle, on estime à 40 000 le nombre d'animaux vivant en liberté. Pendant la seule année 1973, environ 2 500 animaux furent abattus. Le raton laveur n'est pas protégé, il peut donc être chassé toute l'année, mais du fait qu'il mène une vie nocturne et qu'il dort lorsqu'il neige ou gèle, il est difficile à repérer.

Les investigations menées en Hesse ont montré qu'il existe un rapport direct entre la régression des effectifs de perdrix et de lièvres et la fréquence du raton laveur. Etant donné que dans le nord-est de la France où l'on ne trouve pas (ou très peu) de rats laveurs, on a également constaté une diminution sensible des populations de perdrix et de lièvres, il semble que cette tendance s'explique plutôt par la pollution et l'usage abusif d'engrais chimiques, de pesticides et d'insecticides. Des considérations de ce genre manquent cependant dans le présent fascicule. L'auteur cite 45 références bibliographiques; il n'y a pas d'index.

Ce travail qui ne justifie guère une publication sous la forme, beaucoup trop coûteuse d'un livre, aurait trouvé sa juste place, en version plus succincte, dans une revue de mammalogie.

Armin HEYMER

HAGEN (H.), 1976 — *Karibuni Afrika - Ueber das Leben afrikanischer Tiere und die Bedeutung der Wildschutzgebiete. Sur la vie des animaux d'Afrique*

et l'importance des grandes réserves naturelles. Landbuchverlag Hannover, 408 p. avec 191 photos en couleurs en 109 en noir et blanc. ISBN 3-7842-0159-8. Prix : 98,- DM.

Notre terre s'appauvrit d'année en année en régions restées à l'abri de l'emprise destructrice de l'Homme. L'auteur de ce livre s'occupe depuis plus de 25 ans des animaux d'Afrique. Au cours d'une trentaine de voyages à orientation purement biologique, il a visité et mené des recherches dans plus de 70 parcs nationaux et réserves situés dans les pays au sud du Sahara, parcs dont nous ignorons quelquefois même le nom. Toutes les photos ont été prises par l'auteur en pleine nature. Certaines d'entre elles ont une valeur scientifique toute particulière, par exemple celles montrant des gérénouks en train de boire, car on n'était même pas sûr que ces animaux fréquentent des points d'eau. Chaque réserve et chaque parc font l'objet d'un chapitre particulier qui indique sa situation géographique sur une carte nationale, donne une description succincte des conditions écologiques et relate les rencontres avec les animaux vivant dans ces parcs sous forme d'un récit de voyage.

D'un autre côté, ce livre soulève aussi les problèmes multiples posés par les parcs, et dans un contexte plus vaste, par la protection de la nature dans son ensemble. Il prend ainsi l'importance d'un document authentique de la situation actuelle et des problèmes de la sauvegarde des animaux d'Afrique et de leur environnement écologique naturel.

Armin HEYMER.

TEMBROCK (G.), 1978. — *Verhaltensbiologie, unter besonderer Berücksichtigung der Physiologie des Verhaltens. Biologie du comportement, avec un accent particulier sur la physiologie*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart + New York, 224 p., 75 fig. ISBN 3-437-20175-1. Prix : 19,80 DM.

Ce livre de poche (UTB 693) sur la « Biologie du Comportement » fait partie de la série des « Dictionnaires de Biologie ». Il offre un aperçu général de la terminologie éthologique qui se borne toutefois aux termes allemands. La rédaction s'est faite avec la collaboration d'Annelore BISLING (physiologie sensorielle), Holger DATHE (éthologie et chronobiologie) et Jochen DEHLER (neurophysiologie et biocommunication). TEMBROCK, de son côté, s'est chargé de la définition des termes généraux ainsi que de ceux ayant trait à l'orientation et à l'apprentissage. Vu le progrès rapide et l'im-

portance croissante de la biologie du comportement comme discipline bien profilée, il était tout à fait logique d'intégrer des domaines annexes. Cependant, on a souvent l'impression que ce sont justement les domaines marginaux auxquels on a attaché le plus d'importance alors que l'éthologie *sensu stricto* n'a pas la part qui lui conviendrait. Le titre indique d'ailleurs qu'on a particulièrement tenu compte de la physiologie.

La terminologie de l'éthologie humaine est complètement absente ce qui semble significatif du fait que de nombreux scientifiques, et non seulement en dehors de l'éthologie, montrent toujours et encore une « réaction phobique » à l'égard de l'éthologie humaine. Pourquoi ?

Armin HEYMER.

OLCHOWSKY (G.), 1978. — *Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland. Protection de la nature et de l'environnement en Allemagne Fédérale*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 926 p. avec 265 fig. et 133 tabl. ISBN 3-490-21118-9. Prix : 198,- DM.

Les mesures à prendre pour protéger la nature et l'environnement présentent un aspect bio-écologique et un aspect technique. Le présent livre qui est le fruit de la collaboration de 78 auteurs, donne un aperçu assez complet de l'état actuel des connaissances et des problèmes dans ce domaine. Il met en évidence les lacunes existant au niveau de la recherche, il prépare le terrain pour les décisions à prendre sur le plan gouvernemental et administratif et il montre les voies à suivre dans la pratique pour mettre à exécution les mesures de protection et de prévention.

La protection de la nature et de l'environnement a connu ces dernières années un développement décisif en République Fédérale, conséquence presque inéluctable de l'expansion accélérée de l'industrialisation et de la pollution de l'environnement devenue de plus en plus difficile à contrôler. À côté des besoins économiques, on a pris conscience des exigences écologiques comme étant la base de l'existence de l'Homme.

Grâce aux résultats récents de la science, il est désormais possible de mieux évaluer les conséquences des interventions de l'Homme dans le système naturel, de connaître les limites de la charge admissible et de prendre des mesures pour la compenser. Les facteurs et ressources naturels du paysage sont considérés, dans leur exploitation et en ce qui concerne les charges qui pèsent sur eux, comme un système écologique global. Les nouvelles méthodes d'analyse et de diagnostic de l'environnement naturel et de ce qu'il est capable de

soutenir permettront à l'avenir de contrôler les répercussions des interventions humaines sur l'environnement.

Le présent ouvrage avec ses plus de 100 contributions est un livre exemplaire sur les méthodes modernes de protection de la nature et de l'environnement dans le contexte de la société hautement industrialisée de nos jours. Les problèmes spécifiques à l'Allemagne avec ses zones à forte agglomération industrielle ne peuvent évidemment pas être transposées à d'autres pays. Pour un pays étendu comme la France dont les écosystèmes sont encore relativement intacts, ce livre peut cependant servir de base de discussion pour éviter de graves dégâts dans les années à venir.

Armin HEYMER.

MILLOTT (N.), 1978. — **Extra-ocular photosensitivity.** Meadowfield Press Ltd., I.S.A. Building, Shildon, Co. Durham, England, 51 p. Prix : £ 8.40.

En ce qui concerne cet ouvrage également très court, mais il semble que ce soit une caractéristique de la série, nous trouvons que la présentation des organes dermatoptiques n'est pas assez suffisamment développée et en particulier que la bibliographie de quelques uns, français, soit pratiquement totalement ignorée. Ceci est d'autant plus désolant que l'exposé pédagogique est fort bien fait et que par conséquent un développement plus étiré des problèmes eut été infiniment intéressant compte tenu de la compétence de l'auteur.

C.D.D.

LAUNOIS (M.), 1978. — **Manuel pratique d'identification des principaux acridiens du Sahel.** Editions du Ministère de la Coopération et Groupement d'Etudes et de Recherches pour le développement de l'Agronomie Tropicale, 42, rue Scheffer, 75016 Paris, 303 p.

LAUNOIS (M.), 1978. — **Modélisation écologique et simulation opérationnelle en Acridologie : application à *Oedaleus senegalensis* (Krauss, 1877).** G.E.R.D.A.T., 42, rue Scheffer, 75016 Paris, 212 p.

LAUNOIS (M.) and al., 1978. — **Ecologie opérationnelle en zone tropicale semi-aride.** G.E.R.D.A.T., 42, rue Scheffer, 75016 Paris, 31 p.

LAUNOIS (M.) and al., 1978. — **Programme de recherches interdisciplinaires français sur les Acridiens du Sahel (P.R.I.F.A.S.) : Bilan scientifique et Technique.** G.E.R.D.A.T., 42, rue Scheffer, 75016 Paris, 26 p.

Il était très important de présenter d'une part un manuel pratique de détermination des Acridiens, et d'autre part de présenter une analyse modélisée des recherches faites en ce domaine.

Les quatre fascicules qui nous sont confiés correspondent à une démarche tout à fait rationnelle. Notons en particulier, la très remarquable qualité du manuel pratique d'identification dont on peut regretter toutefois que les figures soient un peu trop réduites. Si elles avaient été mieux groupées, cela n'eût pas été le cas.

Les membres de la Société seront très intéressés de connaître l'existence de ces ouvrages.

C.D.D.

CLOUDSLEY-THOMPSON (J.L.), 1978. — **Why the dinosaurs became extinct.** Meadowfield Press Ltd., I.S.A. Building, Shildon, Co. Durham, England, 86 p. Prix : £ 8.40.

Ouvrage alerte qui montre pourquoi cette forme de vie tout à fait remarquable a disparu. Peut-être pourrait-on reprocher à cette collection d'être quand même un peu courte quant à l'analyse de l'ensemble des problèmes. De telle sorte, que par une sorte de raccourci assez inattendu la bibliographie y joue un rôle presque plus important que le texte et principalement la discussion des idées. On pourrait craindre qu'un éminent collègue puisse considérer que les choses sont mieux connues qu'elles ne le sont en fait et que ce raccourci soit précisément dû à sa propre culture.

C.D.D.

PIAGET (J.), 1976. — **Le comportement, moteur de l'évolution.** Idées/Gallimard, 190 p.

L'un des philosophes les plus compétents du comportement nous dresse essentiellement un historique des recherches en ce domaine depuis les thèses lamarckiennes jusqu'au behaviorisme et à l'éthologie moderne en passant par la hiérarchie des systèmes selon P. WEISS.

Les conclusions générales sur le comportement moteur de l'évolution sont évidemment très intéressante à lire.

C.D.D.

KITAZAWA (Y.), 1977. — **Ecosystem analysis of the subalpine coniferous forest of the Shigayama IBP area, central Japan.** JIPB Synthesis, 1977, Tokyo, volume 15, 199 p.

Il s'agit des comptes rendus des études conduites dans la région de Shiga où s'est d'ailleurs réuni voici trois ans le premier séminaire franco-japonais de zoologie du sol. Nous avons pu apprécier sur place à quel point ce travail dans le cadre du programme japonais pour le P.B.I. a été conduit avec rigueur. Sa lecture sera intéressante pour toutes les personnes s'intéressant à l'écologie générale.

C.D.D.

Hydrologie de la Rivière Lot, 1978. — *Annales de Limnologie*, tome 14, fascicule 1-2. Université Paul Sabatier, Laboratoire d'Hydrologie, Toulouse, 179 p.

Ouvrage collectif réunissant une bonne partie des travaux faits par l'équipe de Toulouse sur le Lot.

Dans cette première partie figurent les articles suivants : L'étude du bassin versant et l'hydrologie, dans un premier article (TOURENCQ, CAPBLANC et CASANOVA) constitue une base aux quatre synthèses suivantes, portant sur des aspects particulièrement étudiés au cours de l'opération « Lot, rivière claire ». Il s'agit de la chimie des eaux (CAPBLANC et TOURENCQ), des corrélations entre paramètres physico-chimiques (ANGELIER *et al.*), des matières en suspension et de la turbidité (DESCHAMPS et CASANOVA-BATUT), du phytoplancton

et de la production primaire (CAPBLANC et DAUTA). Trois articles concernent ensuite des recherches en cours engagées dans le prolongement des études précédentes. Ce sont : 1) l'influence des métaux lourds sur les algues benthiques du Lot et du Riou Mart, affluent drainant le bassin houiller de Decazeville (SAY) ; 2) l'étude qualitative de la transformation de la faune des poissons du Lot (TOURENCQ et DAUBA) ; 3) une modélisation dynamique de l'écosystème telle qu'on peut l'appliquer à la rivière (CAUSSADE, CHAUSSAVOINE, DALMAYRAC et MASBERNAT). Enfin est présenté un bilan des propositions d'aménagement tirées des études et liant la qualité des eaux au développement de la vallée du Lot (DECAMPS).

C.D.D.

AMANDIER (L.) et GASQUEZ (J.), 1978. — **Contribution à l'étude phyto-écologique et floristique du vallon de la Rocheure** (Parc National de la Vanoise), in BOISSIERA, vol. 27, 151 p., distribué par le C.E.P.E. Louis Emberger, C.N.R.S., Montpellier.

Il s'agit d'une analyse très approfondie basée essentiellement sur l'étude du vallon de la Rocheure.

C.D.D.

